

1. Ueber die Messung von Rotationsgeschwindigkeiten;

von Alois Schuller,

Assistent am physikal. Kabinet der Universität Heidelberg.

I. **U**nter den Bewegungen, welche einer genauen Bestimmung fähig sind, nimmt die Pendelbewegung eine hervorragende Stellung ein. Das hat seinen Grund in dem Umstande, daß man zur Vergleichung der Schwingungsdauer zweier Pendel die Methode der Coincidenz anwenden kann. Eine constante Rotation, die in vielen Gebieten Anwendung findet, läßt, falls man sie mit hinreichender Genauigkeit herstellen kann, einen ähnlichen Grad der Schärfe in ihrer Bestimmung zu, wie die Schwingungsdauer eines Pendels, weil man, mit einigen Aenderungen, die Methode der Coincidenz auch hier anwenden kann.

Um dieß einzusehen, nehmen wir an, wir hätten eine constante Rotation um eine horizontale Axe. Sey mit der Axe eine kreisförmige Scheibe fest verbunden, welche zur



Hälfte aus rothem, zur Hälfte aus grünem Glase besteht, und zum Theil mit schwarzem Papier bedeckt ist, so, daß ungefähr drei gleiche Theile gebildet sind, wie in der nebenstehenden Figur angedeutet ist. Sey ferner an dem Pendel einer astronomischen

Uhr, welche Secunden schlägt, ein kleiner schwarzer Schirm mit einem Spalte so angebracht, daß dieser in der Ruhelage des Pendels vertical steht und in einer Ebene liegt

mit der horizontalen Rotationsaxe. Endlich soll in der Ruhelage des Pendels ein weißer Lichtstrahl durch den Spalt parallel zur Rotationsaxe auf die farbigen Glasplatten fallen, und wenn er durchdringt, von einem Fernrohre aufgenommen werden. Wenn dann die Rotationsaxe ruht, oder in jeder Secunde eine ganze Zahl von Umdrehungen vollführt, während das Pendel seine Schwingungen macht, so sieht der Beobachter im Fernrohr in jeder Secunde einmal einen leuchtenden Punkt von derselben Farbe aufblitzen, denn das Licht fällt immer auf dieselbe Stelle der Glasplatten. Wenn hingegen die Umdrehungszahl etwa um $\frac{1}{10}$ größer ist, als eine ganze Zahl, so fällt das Licht immer auf andere Stellen der Glasplatten, es tritt nothwendig ein Farbenwechsel ein, der sich immer nach 10 Secunden wiederholt. Es macht auf den Beobachter denselben Eindruck, wie wenn sich die Axe in 10 Secunden einmal drehen würde. Man kann nun bei irgend einer Umdrehungsgeschwindigkeit die Zeit von einem Farbenwechsel zum anderen beobachten, und hat dann ein Mittel zur Berechnung der genauen Rotationsgeschwindigkeit, wenn der ungefähre Werth in ganzer Zahl schon bekannt ist. Die Aufeinanderfolge der Farben bei einem Farbenwechsel läßt keinen Zweifel über das Vorzeichen der Correction, welche an der ganzen Zahl angebracht werden muß, dasselbe ist positiv, wenn die scheinbare Bewegung im Sinne der wirklichen Bewegung vor sich geht, und negativ im anderen Falle. Ist n die in ganzer Zahl ausgedrückte annähernde Rotationsgeschwindigkeit, ϱ die Zahl der Secunden von einem bis zum anderen Farbenwechsel, so ist $n \pm \frac{1}{\varrho}$ die genaue Rotationsgeschwindigkeit.

Bei den zu beschreibenden Versuchen war die Rotationsaxe vertikal, und die Einrichtung des Apparates die folgende. Die Rotation wurde hervorgebracht durch einen elektromagnetischen Apparat, der nach dem, von Helmholtz angegebenen, in der Abhandlung „Ueber die zu

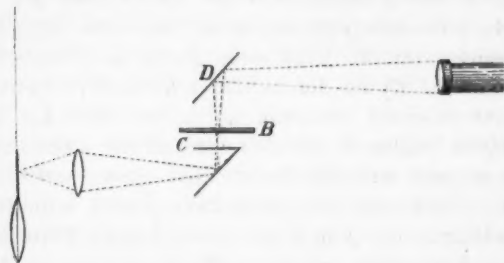
einer C
Sitzb.
öffentl
dem rot
ständig
wiegen
Beweg
der Fig
rad S
gebrach
tische
rotirend
Quecks
durch
brechun
Größe
größere
schon
Regula
An
bildend
der A
Spalte
Axe s
De
lage g
einer
kleiner
ist, er
einer
benutz
des Sc
Spiegel
angebr
hat, d
Nähe
aufgef

einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit“ (Bd. LVIII d. Sitzb. d. K. Akad. d. Wiss.) von Sigmund Exner veröffentlicht, construirt ist. Nur ist der Regulator von dem rotirenden Elektromagneten abgetrennt, auf einer selbstständigen Axe befestigt und mit einem etwa drei Kilo wiegenden Schwungrade versehen. Die Uebertragung der Bewegung geschieht durch einen Faden ohne Ende *F*. In der Fig. I Taf. IX ist der Regulator *RR* und das Schwungrad *S* nebst später zu erwähnenden, an seiner Axe *A* angebrachten Theilen dargestellt, während der elektromagnetische Apparat weggelassen ist. Der Strom, welcher den rotirenden Elektromagneten umfließt, wird mittelst der Quecksilberrinnen *Q* und der eintauchenden Platindrähte durch den Regulator geleitet, und erleidet hier eine Unterbrechung, so oft die Rotationsgeschwindigkeit eine gewisse GröÙe überschreitet. Durch diese Anordnung ist eine gröÙere GleichmäÙigkeit der Rotation erreicht, die sich schon darin zeigt, daÙ es nicht gelingt, das Klappern des Regulators zu hören.

An der Axe *A* sind die halbkreisförmigen, einen Kreis bildenden, farbigen Glasplatten *B* befestigt. Das Gestelle der Axe trägt einen horizontalen Schirm *C* mit einem Spalte, der, wie die Trennungslinie der Glasplatten, zur Axe senkrecht steht.

Der vertikale Spalt am Uhrpendel wird in seiner Ruhelage grell beleuchtet, dadurch, daÙ eine Linse das Bild einer schmalen Petroleumflamme auf ihm entwirft. Ein kleiner Spiegel, der unmittelbar hinter dem Pendel befestigt ist, ermöglicht dieses. Von diesem Spalte wird, wie bei einer Anordnung, die Bessel bei seinen Pendelversuchen benutzte, mit Hülfe einer Linse ein Bild auf dem Spalte des Schirmes *C* entworfen, was wieder durch einen kleinen Spiegel erreicht ist, der unmittelbar unter dem Schirme *C* angebracht ist. Nachdem das Licht diesen Spalt passiert hat, dringt es durch die farbigen Gläser (oder wird, in der Nähe der einen Trennungslinie, von dem schwarzen Papiere aufgefangen), fällt dann auf einen Spiegel *D*, und schließ-

lich in ein Fernrohr, welches auf den letztgenannten Spalt eingestellt ist. In der nebenstehenden schematischen Zeichnung ist der Gang der Lichtstrahlen vom Spalte des Uhrpendels angefangen, dargestellt.



Die Beobachtung geschieht nun hier genau so, wie sie bei der früher gedachten einfacheren Einrichtung geschehen würde. Selbstverständlich wird man sich dabei nicht mit einer einzelnen Beobachtung begnügen, sondern man wird, wie bei anderen Anwendungen der Methode der Coincidenz, eine große Zahl von Bestimmungen machen, und daraus das Mittel nehmen. Man hält sich am besten an den Vorschlag von Gaußs, indem man mit Unterbrechungen beobachtet, und die inzwischen eingetretene Zahl von Epochen berechnet, wie in der „Anleitung zur Bestimmung der Schwingungsdauer einer Magnethadel“ (Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins 1837) angegeben ist.

Die Beobachtung lehrt unmittelbar nur die Correction $\frac{1}{\epsilon}$ kennen, die Kenntniß der angenäherten Rotationsgeschwindigkeit muß auf andere Weise ermittelt werden. Man kann zu dem Ende, wie man häufig zu thun pflegt, einen langen Faden ohne Ende mit einer schwarzen Marke über eine Rolle der Rotationsaxe und eine andere Rolle leiten, und aus der Zeit eines vollen Umlaufes und den Dimensionen auf die Rotationsgeschwindigkeit schließen. Man kann aber auch ein- für allemal bestimmen, welche

Rotat
der
spre
Mikr
eine
sehe
beur
oder
Schn
und
Farb
ände
schw
sich
Tab

Rotationsgeschwindigkeiten den verschiedenen Einstellungen der Mikrometerschraube des Centrifugalregulators entsprechen. Dabei kann man so verfahren: Man stellt die Mikrometerschraube so ein, daß in der Secunde ungefähr eine Umdrehung vollführt wird. Durch das Fernrohr sehend, kann man aus der Aufeinanderfolge der Farben beurtheilen, ob die Umdrehungsgeschwindigkeit größer oder kleiner ist als eins. Von da ab dreht man die Schraube jedesmal etwa um ein Zehntel ihres Umfanges und notirt jedesmal die Zeit von einem zum anderen Farbenwechsel und die Farbenfolge. Sobald sich diese ändert, nähert man sich einer ganzzahligen Rotationsgeschwindigkeit, hat man dann diese übersprungen, so hat sich die Farbenfolge wieder geändert. Eine so erhaltene Tabelle ist diese:

Stand der Schraube	Zwischenzeit	Farbenfolge	Rotationsgeschwindigkeit
-0,20	7	grünroth	1
∞	∞	
-0,15	17	rothgrün	
-0,10	2	} unbestimmt	
-0,00	2		
+0,10	9	grünroth	2
0,15	∞	
0,20	8	rothgrün	
0,30	2	} unbestimmt	
0,40	2		
0,50	2		
0,60	6	grünroth	3
0,70	∞	
0,80	5	rothgrün	
0,90	2	} unbestimmt	
1,00	2		
1,10	2	} grünroth	4
1,20	4		
1,30	6		
1,40	25		
∞	∞	
1,50	14	rothgrün	
1,60	5	rothgrün	
1,70	4	rothgrün	
1,80	2	} unbestimmt	
1,90	2		

Stand der Schraube	Zwischenzeit	Reihenfolge	Rotationsgeschwindigkeit
2,00	3	grünroth	5
2,10	4	grünroth	
2,20	6	grünroth	
2,30	11	grünroth	
2,40	∞	
2,50	10	rothgrün	

Die folgende Tabelle enthält die Resultate einer Beobachtungsreihe, die zur genauen Bestimmung einer Rotationsgeschwindigkeit angestellt wurde. Der Zeiger der Mikrometerschraube stand auf 2,43, die Farbenfolge war rothgrün, mithin war, der obigen Tabelle gemäß, die Rotationsgeschwindigkeit etwas größer als 5.

Ordnungszahl	Zeit		Mittel der Zwischenzeit
	Min.	Sec.	
0	32	33	36,0 ^s
1	33	9	
2	..	45	
3	34	21	
4	..	57	36,5 ^s
11	39	9	
12	..	45	
13	40	21	
14	..	57	36,0 ^s
15	41	35	
22	45	49	
23	46	25	
24	47	1	36,0 ^s
25	..	37	
26	48	13	
33	52	31	
34	53	7	36,0 ^s
35	..	43	
36	54	19	
37	..	55	
44	59	13	36,5 ^s
45	..	49	
46	60	25	
47	61	3	
48	..	39	

Die mittlere Zeit von einem bis zum anderen Farbenwechsel ist

$$\frac{29^m 6^s}{48} = \frac{1746}{48} = 36^s,37,$$

also die mittlere Rotationsgeschwindigkeit

$$5 + \frac{1}{36,37} = 5,02749$$

Um ein Urtheil zu bekommen über die bei diesem Versuche stattgehabte Gleichmäßigkeit der Rotation, vergleichen wir die aus je zwei auf einander folgenden Gruppen berechneten Rotationsgeschwindigkeiten, welche in der folgenden Zusammenstellung enthalten sind.

Gruppen	Mittel der Zeit	Rotationsgeschwindigkeit
1 und 2	37 ^m 4 ^s	5,0276
2 und 3	43 41	5,0275
3 und 4	50 22	5,0274
4 und 5	57 5	5,0273

Man bemerkt eine regelmässige, wenn auch sehr geringe Aenderung der Rotationsgeschwindigkeit; man kann aber erwarten, daß die Gleichmäßigkeit noch mehr angenähert werden kann, wenn alle schädlichen Einflüsse, so weit es möglich ist, vermieden werden.

Während der Ausführung dieser Beobachtung wurde das Zimmer geheizt, und es konnten merkliche Temperaturschwankungen eintreten, die auf die Wirksamkeit des Regulators großen Einfluß haben müssen. Ferner wurde die Feder des Centrifugalregulators kurz vorher angespannt, es konnten also auch bedeutende elastische Nachwirkungen auftreten.

Um nun die Genauigkeit in der Messung der Rotationsgeschwindigkeit beurtheilen zu können, nehmen wir an, daß zu Anfang und zu Ende der Beobachtung ein Fehler von je einer Secunde in der Bestimmung der Zeit begangen wäre, so daß der gesammte Fehler zwei Secunden betrüge. Die so berechnete mittlere Zwischenzeit wäre

$$\frac{1744}{48} = 36,33$$

und die entsprechende Rotationsgeschwindigkeit 5,02752
während die früher gefundene ist 5,02749
Der Unterschied beträgt 0,00003

Man kann hieraus entnehmen, welcher Genauigkeit diese Bestimmung fähig ist; insofern hier etwas ähnliches, wie die Abnahme der Amplitude bei Schwingungen nicht vorkömmt, ist sie gar keiner Beschränkung unterworfen, denn man kann hier die Beobachtungszeiten ganz beliebig ausdehnen.

II. Wenn man sich nur von der Gleichmäßigkeit einer Rotation überzeugen will, oder das Verhältniß von Rotationsgeschwindigkeiten, nicht ihre Gröfse selbst, bestimmen soll, so kann man sich auch der folgenden Methode bedienen.

Man läßt von der Axe bei jeder Umdrehung zwei Stromesleitungen in geeigneten Augenblicken schliessen und öffnen, von denen die eine, die primäre, ein constantes Element und eine Drahtrolle enthält, die andere aber, die secundäre, eine Drahtrolle in der Nähe der ersteren und den Multiplicator eines Galvanometers umfaßt. Ist die secundäre Leitung etwa nur geschlossen in den Augenblicken der Schließung, nicht in denen der Unterbrechung der primären Leitung, so hat der inducirte Strom in der secundären Leitung immer dieselbe Richtung, und die dadurch bewirkte Ablenkung der Galvanometernadel kann als Maafs dienen für die Rotationsgeschwindigkeit. Eine Vorrichtung, welche dieses Schliessen und Oeffnen bewirkt, ohne dabei der Rotation einen nennenswerthen Widerstand entgegen zu setzen ist in der Fig. 1 Taf. IX unter *HH* dargestellt.

Ihren Hauptbestandtheil bilden leichte Federn *KK* (aus Uhrfedern gemacht), welche durch feine Drähte *LL* angespannt werden so, daß an ihren Enden befindliche Platindrähte einige Millimeter über Quecksilber stehen. Die horizontalen Theile jener feinen Drähte werden bei jeder

Umdrehung durch an der rotirenden Axe befestigte Excenter *EE* (mit gebogenen Glasstreifen an ihren Enden) aus ihrer Ruhelage entfernt, wodurch die Federn abwärts, die Platindrähte in das Quecksilber gezogen werden; dabei wird je eine Leitung geschlossen. Durch eine richtige Stellung der beiden Excenter erreicht man, daß die eine Schließung eine halbe Schließungsdauer später hergestellt und unterbrochen wird, als die andere, durch die mit Handhaben versehenen konischen Zapfen, welche die Federn tragen *MM* und durch die drehbaren Stifte *NN*, an denen die feinen Drähte einerseits befestigt sind, kann man die Spannung der letzteren, so wie die Entfernung der Platindrähte vom Quecksilber reguliren, und durch Veränderung der Entfernung der ganzen Vorrichtung von der Drehungsaxe, kann man die Hubhöhe beliebig einstellen.

Bei 2 bis 4 Umdrehungen in der Secunde erfüllt diese Vorrichtung ihren Zweck allein, bei 5 bis 6 Umdrehungen mußte zur Verhütung der starken Funken, welche das Quecksilber sehr bald verunreinigen, in der primären Leitung eine Nebenschließung angebracht werden. Diese durfte nicht polarisirbar seyn; sie bestand aus amalgamirten Zinkstäben, die in Zinkvitriollösung tauchten, und absorbirte nur etwa 0,5 Proc. der Stromstärke. Bei dieser Anordnung konnte der Apparat Wochen lang benutzt werden, ohne daß das Quecksilber erneuert werden mußte; nur waren, wie bei jeder alternirenden Schließung rathsam ist, die Enden der Platindrähte amalgamirt.

Den constanten Strom lieferte ein Daniell'sches Element, dessen Flüssigkeiten durch gleichmäßigen Zu- und Abfluß fortwährend erneuert wurden.

Eine zu beschreibende Versuchsreihe wurde in der Weise ausgeführt, daß bei den verschiedenen Einstellungen der Regulatorschraube, welche nahezu ganzzahligen Rotationsgeschwindigkeiten entsprechen, die durch den inducirten Strom hervorgebrachte Ablenkung der Galvanometernadel beobachtet und gleichzeitig die Rotationsge-

schwindigkeit gemessen wurde. Zu dem Ende mußte man nur abwechselnd durch zwei Fernrohre sehen, und jedesmal die Zeit, welche dem Farbenwechsel entsprach, und den Stand der Galvanometernadel notiren. Unmittelbar vor- und nachher wurde die Ruhelage der Galvanometernadel beobachtet.

Die Resultate einer so ausgeführten Beobachtung sind in der nachstehenden Zusammenstellung enthalten.

Rotationsapparat			Galvanometer	
Stand der Schraube	Farbenfolge	Zeit m s	Ableseung	Ruhelage
1,47	rothgrün	479,9
		16 31	788,7	
		49	.. 8,9	
		17 8	.. 8,8	
		26	.. 8,6	
		45	.. 8,8	
		18 3	.. 8,5	
		21	.. 8,7	
		39	.. 9,0	
		57	—	
				479,9

Hieraus folgt die mittlere Ablenkung $308^{\circ},9$ und die entsprechende Rotationsgeschwindigkeit, mit Zuhülfenahme der ersten Tabelle, zu 4,055.

Eine so ausgeführte Versuchsreihe lieferte die folgenden Zahlen.

Zeit m	n Rot. Geschw.	A Ablenkung
0	6,063	458,5
9	5,054	384,2
18	4,055	308,9
25	3,075	235,1
34	2,058	157,5

Man sieht, daß die Ablenkungen ungefähr proportional sind mit den Rotationsgeschwindigkeiten; eine vollständige Proportionalität ist weder vorhanden, noch war sie zu erwarten, auch wenn der Strom wirklich constant war, denn die Ablenkungen der Galvanometernadel (bis zu 5°) waren nicht so klein, daß sie als unendlich klein hätten betrachtet werden können. Wir müssen deshalb in der Entwicklung der Ablenkung A als Funktion der Rotationsgeschwindigkeit n , zum Mindesten um ein Glied weiter gehen. Setzen wir, mit Vernachlässigung höherer Potenzen

$$A = an + bn^3,$$

wo a und b Constanten bedeuten, berechnen diese, indem wir die erste und letzte Reihe der obigen Zahlen einsetzen; und dann mit der so erhaltenen Formel die den übrigen Rotationsgeschwindigkeiten entsprechenden Ablenkungen, so erhalten wir die in der folgenden Tabelle enthaltenen Zahlen:

Rotations- geschwindig- keit	Ablenkung		Diff.
	beobachtet	berechnet	
5,054	384,2	383,8	0,4
4,055	308,9	308,9	0,0
3,075	235,1	234,9	0,2

Die hier auftretenden Differenzen lassen sich aus den Beobachtungsfehlern, den Aenderungen der Stromstärke und des Erdmagnetismus hinreichend erklären. Dabei möge bemerkt werden, daß der Strom nur während der Beobachtungen, nicht in den Zwischenzeiten geschlossen war, und erst einige Zeit nach der Aufstellung des Elementes benutzt wurde.

Diese Arbeiten wurden ausgeführt unter der Leitung und beständigen Unterstützung des Hrn. Prof. Kirchhoff, für welche ich meinen innigst gefühlten Dank auszusprechen nicht unterlassen kann.

Heidelberg, den 15. April 1872.

II. *Versuche über Fluorescenz; von E. Hagenbach.*

(Schluß von S. 405)

36. Blattgrün.

Meine Untersuchungen über die optischen Eigenschaften des Blattgrüns habe ich schon gesondert publicirt. Die seiner Zeit gefundenen Resultate sind im Wesentlichen folgende:

In Bezug auf Gränzen und Maxima der Fluorescenz und das diesen entsprechende Absorptionsspectrum sind die Lösungen des frischen und modificirten Chlorophylls zu unterscheiden. Da ich anfänglich häufig Gemenge von beiden untersuchte, so habe ich die Nummern der Fluorescenzstreifen oder Maxima der Fluorescenz so gewählt, daß sie beide umschließen. Es möchte wohl, wie es seither auch andere Autoren gethan haben, consequenter seyn, für frisches Chlorophyll und für modificirtes Chlorophyll wie für zwei verschiedene Substanzen besonders zu nummern; allein um keine Verwirrung hineinzubringen werde ich auch in diesen Nachträgen an meine früheren Bezeichnungen mich halten.

Wenn eine frische Chlorophylllösung im Spectrum beobachtet wird, so sieht man sechs Streifen von stärkerer Fluorescenz, welche durch Stellen schwächerer Fluorescenz von einander getrennt sind. Für die Lage derselben habe ich in meiner früheren Arbeit folgende Zahlen meiner Scale angegeben, denen ich hier noch in Klammern die entsprechenden Zahlen der Bunsen'schen Scale beifüge:

Streif	Anfang	Ende
I.	53 (26)	96 (34)
II.	130 (40)	171 (47)
III.	198 (52)	236 (59)
IV.	270 (64)	309 (71)
VI.	428 (91)	543 (111)
VII.	600 (121)	1071 (204)

Die erste Zahl 53 bedeutet den Anfang der Fluorescenz überhaupt, etwas stark wird die Fluorescenz erst etwa bei 70 (29). Das entsprechende gilt für die letzte Zahl 1071, welche das Ende der Fluorescenz auf der violetten Seite bedeutet.

Unter obigen Streifen ist bei weitem am hellsten Streif I; die Reihenfolge der übrigen Streifen nach ihrer Intensität ist in Folge einer Schätzung VII, VI, II, III, IV.

Die Absorptionserscheinungen sind diesen Fluorescenzerscheinungen genau entsprechend. Durch eine Zeichnung habe ich versucht, die Absorption des Spectrums beim Eindringen in eine frische aetherische Chlorophylllösung zu versinnlichen und den Absorptionsstreifen habe ich die gleichen Nummern wie den entsprechenden Fluorescenzstreifen gegeben.

Für die Lösung des modificirten Blattgrüns habe ich folgende Abweichungen angegeben:

Vorerst haben wir einen neuen Streif, der die Nummer V bekommen hat; er geht von 331 (75) bis 401 (86). Weiter wurde angegeben, daß Streif I etwas mehr nach Roth hin liege; daß Streif III hingegen etwas nach der Seite von Violett verschoben sey und von 221 (56) bis 241 (60) gehe; daß ferner die Streifen VI und VII nicht als zwei selbstständige Streifen vorhanden seyen, sondern daß nach *F* nur noch *ein* Streif liege.

Die Reihenfolge der Streifen der Stärke nach ist bei dem modificirten Blattgrün auch eine andere; Streif I ist zwar auch hier bei weitem am stärksten; dann folgen der Stärke nach VII, IV, V, II, III; dieser letztere ist hier ganz schwach.

Auch hier entspricht die Absorption genau der Fluorescenzerscheinung und die Absorptionsspectren mußten hauptsächlich dazu dienen, die veränderte Lage der Streifen zu bestimmen.

Das Fluorescenzspectrum wurde seiner Zeit nur für eine

frische aetherische Lösung bestimmt; und ich beschrieb dasselbe als bestehend aus zwei rothen ungefähr gleich breiten an einander liegenden Streifen, von welchen der erste weniger brechbare den zweiten bedeutend an Helligkeit übertrifft, und welche durch ein schmales Minimum von einander getrennt sind; die Messung ergab damals für den Anfang 65 (28), für die Gränze, wo die beiden Streifen durch das Minimum von einander getrennt sind, 89 (33) und für das Ende 117 (38).

Die alkoholische und ätherische Lösung erklärte ich in optischer Beziehung für identisch.

In Betreff des festen Chlorophylls, wie es in den Blättern vorkommt oder aus einer Lösung niedergeschlagen ist, erklärte ich, daß dasselbe nicht fluorescire, und daß das Absorptionsspectrum des festen Chlorophylls ganz anders sey als das der Lösung, nämlich nur aus *einem* Absorptionsstreifen bestehe, der ganz stark von 57 (27) bis 85 (32) und noch schwach bis 108 (36) gehe, und der somit um eine sehr merkliche Gröfse mehr nach Roth hin liege als Streif I der Lösung.

Beim Abfassen der erwähnten Abhandlung über die optischen Eigenschaften des Blattgrüns habe ich aus Versehen einige frühere Arbeiten hauptsächlich von Botanikern übergangen; so die von Askenasy¹⁾ und die von Sachs²⁾. Ferner sind, seitdem ich meine Beobachtungen über das Blattgrün publicirte, eine bedeutende Anzahl theils sehr werthvolle weitere Beiträge zur Kenntniß der optischen Eigenschaften dieses interessanten Körpers geliefert worden von Schön³⁾, Gerland und Rauwenhoff⁴⁾, Joh.

1) Botanische Zeitung Bd. XXV, S. 225 und 233.

2) Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. XLIII, 2., S. 265. Diese Arbeit von Sachs hätte mir eigentlich nicht entgehen sollen, da ich seiner Zeit in den „Fortschritten der Physik“ darüber referirt habe.

3) Fresenius, Zeitschr. für anal. Chemie Bd. IX, S. 327.

4) Archives Néerlandaises, T. VI, p. 97. Pogg. Ann. Bd. CXLIII, S. 231.

Müller¹⁾, Kraus²⁾, Lommel³⁾ und nochmals Gerland⁴⁾.

In Folge dieser Arbeiten habe auch ich einige weitere Beobachtungen über den Farbstoff der grünen Blätter angestellt; wenn ich auch einsehen muß, daß dieselben in manchen Punkten noch lückenhaft und unvollendet sind, so will ich sie doch hier aufführen, um so mehr als ich in der nächsten Zeit wohl schwerlich Muße finden werde, diese Untersuchungen fortzusetzen, und da auch jetzt der Winter die Untersuchungen des frischen Blattgrüns unterbricht.

In Betreff der Gränzen und Maxima der Fluorescenz habe ich den Anfang der Fluorescenz auf's Neue bestimmt und gefunden, daß ich früher denselben etwas zu weit nach dem rothen Ende gesetzt habe; wenn ein Spectrum mit scharfen Linien auf die Oberfläche einer ätherischen Chlorophylllösung geworfen wird, so sieht man, daß die Fluorescenz erst bei der Linie *B* beginnt. Ferner habe ich die Fluorescenz im brechbarern Theil des Spectrums etwas genauer in's Auge gefaßt und dabei bemerkt, daß noch ein Maximum VIII stattfindet, das etwa bei 783 (153) liegt; es ist von Maximum VII durch ein zwar schwach ausgeprägtes, doch immerhin merkbares Minimum getrennt, das etwa bei 691 (137) liegen mag.

Wir gehen nun über zu dem Absorptionsspectrum des frischen Chlorophylls. Askenasy giebt in seiner Beschreibung und Zeichnung drei Streifen, die den von mir mit I, II und IV bezeichneten entsprechen und außerdem eine allgemeine Absorption des violetten Theiles des Spectrums. Den Streif III so wie die Trennung der Dunkelheit auf Seite des Violett bei weiterer Verdünnung scheint er über-

1) Pogg. Ann. Bd. CXLII, S. 615.

2) Sitzungsber. der phys. med. Societät zu Erlangen, Juni u. Juli 1871.

3) Sitzungsberichte der phys. med. Societät zu Erlangen, Februar 1871.
Pogg. Ann. Bd. CXLIII, S. 26 u. 568. Zöllner, Oekon. Fortschritte 1871, No. 6.

4) Pogg. Ann. Bd. CXLIII, S. 585.

sehen zu haben. Schön n giebt an, daß der Absorptionsstreif zwischen *B* und *C*, den ich mit *I* bezeichnet habe, aus zwei schwarzen Rändern und der etwas Licht durchlassenden Mitte bestehe, und Gerland und Rauwenhoff haben dies bestätigt und die beiden Theile des Streifs mit *Ia* und *Ib* bezeichnet; es war mir bis jetzt nie möglich, diese Theilung zu beobachten. Die Lage des Maximums des Absorptionsstreifs *I* liegt nach einer genauen neuern Bestimmung bei 84 (32). Im übrigen stimmen die Angaben der genannten beiden Forscher mit meinen Angaben im Wesentlichen überein, nur ist zur Vermeidung etwaiger Verwechslungen zu bemerken, daß Gerland und Rauwenhoff die Streifen des frischen und modificirten Chlorophylls besonders numeriren, so daß die Streifen, die ich mit *VI* und *VII* bezeichnet habe, bei diesen Herren die Nummern *V* und *VI* tragen.

Allein außer der Numerirung besteht ein nicht sehr bedeutender wesentlicher Unterschied darin, daß *V* und *VI* von Gerland und Rauwenhoff etwas mehr nach Roth zu liegen als *VI* und *VII* bei mir, und zwar selbst dann, wenn man die etwas verschiedene Lage berücksichtigt, welche, wie wir später sehen werden, davon herrührt, daß die genannten Herren eine alkoholische, ich aber eine ätherische Lösung untersuchte. Die Resultate von Kraus stimmen in allen wesentlichen Punkten mit meinen Angaben überein; er numerirt auch wie Gerland und Rauwenhoff das frische und modificirte Chlorophyll gesondert, so daß sein *V* und *VI* meinem *VI* und *VII* entsprechen und sein *VII* bei mir die Nummer *VIII* haben müßte. Daß ich früher die Absorption *VIII* nicht genügend hervorhoben und ihr auch keine besondere Nummer gegeben habe, ist ein Mangel, den Kraus mit Recht hervorhebt; durch seine Bemerkung veranlaßt, habe ich auch das dieser Absorption *VIII* entsprechende Maximum der Fluorescenz gesucht, und wie ich schon weiter oben bemerkt habe, gefunden. Die etwas verschiedene Lage von Streif *V* und *VI* von Kraus als *VI* und *VII* bei mir erklärt sich

ans d
mittels

V
frische
erst d
Chloro
von A
Gerl
Unter
Colleg
und c
dies
gann
das
Mitte
früher
404

E
die i
Chlor
wen
sagen
an d
diese

B
wie
nach
Rau
Ger
geth
Stre
ein
neue
habe
bei
sein
gena

Po

aus dem später zu besprechenden Einflusse des Lösungsmittels.

Was nun ferner den Unterschied der Lösungen des frischen und modificirten Chlorophylls betrifft, so ist vorerst der Streif V zu besprechen; der für das modificirte Chlorophyll charakteristisch ist. Dieser Streif ist schon von Askenasy sehr deutlich angegeben worden; auch Gerland und Rauwenhoff haben ihn bestätigt. Die Untersuchung einer ätherischen Chlorophylllösung, die mein College Hr. Prof. Piccard im Jahre 1864 hergestellt hat, und die er mir zur Untersuchung überliefs, zeigte, wie diefs zu erwarten war, den Streif V sehr deutlich; er begann bei 341 (76), hatte sein Maximum bei 366 (81) und das Ende bei 386 (84); es stimmt dies, wenn wir die Mitte des Streifs ins Auge fassen, so ziemlich mit meiner früheren Angabe, nach welcher Streif V von 342 (76) bis 404 (87) ging.

Eine schwache Verschiebung des Streif I nach Roth, die ich früher auch als bezeichnend für das modificirte Chlorophyll angegeben habe, ist von Gerland und Rauwenhoff bestätigt worden; das Gleiche kann ich nicht sagen von meinen seitherigen Beobachtungen, besonders an dem von Piccard mir zugestellten Chlorophyll, so daß dieser Punkt wohl noch einige Aufklärung erheischt.

Bei der Lösung des modificirten Chlorophylls ist ferner, wie ich seiner Zeit bemerkte, Streif III schwächer und nach der Seite des Violett verschoben. Gerland und Rauwenhoff haben diese Verschiebung bestätigt, und Gerland hat in seiner letzten Arbeit sehr deutlich dargethan, wie die neue Lage dadurch entsteht, daß der Streif III der frischen Lösung verschwindet und dafür ein neuer Streif mehr nach Violett hin auftritt. Meine neuern Beobachtungen an der Piccard'schen Lösung haben ergeben, daß bei ihr Streif III sehr schwach ist, bei 224 (56) beginnt, sein Maximum bei 235 (58) und sein Ende bei 251 (61) hat; es entspricht diefs ziemlich genau der Lage von 221 (56) bis 241 (59), die ich früher

angegeben hatte. Ich füge noch bei, daß das Spectrum der modificirten Lösung an der Stelle von 220 (56), die bei der frischen Lösung vom Streif III bedeckt wird, ganz besonders hell ist, womit, wie schon früher bemerkt, die mehr gelbe Farbe des durchgegangenen Lichtes zusammenhängt.

Der letzte früher erwähnte Unterschied der modificirten Lösung, der darin besteht, daß nach *F* nicht zwei, sondern nur ein Absorptionsstreif auftritt, ist ebenfalls von Gerland und Rauwenhoff bestätigt worden. Das Gleiche habe ich bei der Piccard'schen Lösung gefunden.

Außer diesen schon früher erwähnten Unterschieden haben seitherige Messungen dargethan, daß auch der Streif II bei der Lösung des modificirten Blattgrüns etwas mehr nach Violett zu liegt. Die alte Lösung von Piccard ergab nämlich für den Streif II den Beginn bei 149 (43), das Maximum bei 162 (45) und das Ende bei 177 (48), schwach geht die Absorption bis zu *D*. Aus der Zeichnung von Gerland und Rauwenhoff ist auch eine schwache Verschiebung von Streif II zu erkennen.

Die Frage, ob die erwähnten Veränderungen immer parallel gehen, habe ich in meiner frühern Abhandlung aufgestellt, aber nicht beantwortet. Ueber diesen Punkt so wie über die Einflüsse, unter welchen die Veränderungen Platz greifen, sind seither besonders von Gerland sehr werthvolle Aufschlüsse gegeben worden; doch bleiben hier noch viele Fragen offen, die ihre Antwort nur durch mannigfache sorgfältige Beobachtungen erhalten können.

In meiner früheren Abhandlung habe ich bemerkt, daß mir nichts vorliege, was auf eine Verschiedenheit der optischen Eigenschaften je nach dem Lösungsmittel schließen lasse; ich stützte mich dabei hauptsächlich auf das gleiche Aussehen des Absorptionsspectrums der alkoholischen und ätherischen Lösung; genaue Messungen hatte ich nur an der letztern angestellt. Nun hat aber schon Askenasy die Behauptung aufgestellt, daß der erste Absorptionsstreif nach dem rothen Ende eine geringe Verschiebung

zeige bei der Lösung in Terpentin und eine stärkere bei der Lösung in Schwefelkohlenstoff; und neuerdings hat noch allgemeiner Kraus den Satz aufgestellt, daß die Lage der Absorptionsbänder sich mit der Dichtigkeit des lösenden Mediums ändere, indem eine alkoholische Chlorophylllösung mit Glycerin oder Aether versetzt, in dem ersten Fall die Bänder nach Roth, in dem andern nach Violett verschiebe. In Folge dieser Behauptungen habe ich auf's Neue alkoholische und ätherische Lösungen verglichen und gefunden, daß meine frühere Annahme, daß das Lösungsmittel keinen Einfluß ausübe, auf einem Irrthum beruhte, und daß allerdings bei verschiedenen Lösungen die Absorptionsstreifen etwas anders liegen. Hauptsächlich habe ich durch neuere Beobachtungen den Unterschied der ätherischen und alkoholischen Lösungen festzustellen gesucht, da meine frühere Arbeit sich auch auf diese beiden bezog. Die Lösungen, die zum Vergleich dienten, wurden bald so hergestellt, daß die gleiche Blattsorte mit Aether und mit Alkohol ausgezogen wurde, bald auch so, daß der grüne Niederschlag, der beim Erkalten einer warmen alkoholischen Lösung sich bildete, in Aether gelöst wurde, bald auch durch gleichzeitiges Verdünnen der gleichen ätherischen Lösung mit Aether und Alkohol.

Es hat sich bei diesen Untersuchungen, die an verschiedenen Lösungen zu wiederholten Malen angestellt worden sind, gezeigt, daß alle Absorptionsstreifen, mit Ausnahme von II, bei der alkoholischen Lösung etwas mehr nach Roth liegen als bei der ätherischen. (Streif III war etwas undeutlich, so daß bei ihm nicht entscheidend die Verschiebung zu constatiren war). Die Thatsache, daß Streif II ganz unbeweglich blieb, während alle anderen um eine meßbare GröÙe auf die Seite rückten, war mir höchst auffallend, und ich habe deshalb diese Thatsache durch verschiedenartige Versuche controllirt; auch als ich die Messung mit der Mikrometerschraube durch jemanden ausführen ließ, der nicht wußte, warum es sich handelt, ist das gleiche Resultat herausgekommen. Die GröÙe der

Verschiebung im Spectrum ist nun aber für die verschiedenen Streifen nicht dieselbe; sie nimmt von Roth nach Violett um eine sehr merkliche GröÙe zu; bei Streif I ergab die Messung eine Verschiebung von 3,6 und bei Streif VII von 18 Theilen meiner Scale. Nun ergibt sich aber, wenn man zuerst meine Scale auf die Kirchhoff'sche reducirt und dann die Messungen der Wellenlängen von Ångström berücksichtigt, daß 18 Theile im Spectrum bei *G* einer gleichen Vergrößerung der Wellenlänge oder Verkürzung der Schwingungsdauer entsprechen als 3,6 Theile zwischen *B* und *C*, nämlich einer Wellenverlängerung von etwa 3,5 Milliontel Millimeter, so daß also durch die alkoholische Lösung sowohl in der Gegend zwischen *B* und *C* als in der Gegend von *G* Licht ausgelöscht wird, dessen Wellenlänge 3,5 Milliontel Millimeter größer ist als die Wellenlänge desjenigen, das von der ätherischen Lösung absorbiert wird. Es mag dabei auffällig seyn, daß die Wellenlänge um die gleiche absolute GröÙe und nicht in dem gleichen Verhältniß geändert wird. Bevor theoretische Gründe für diese Thatsache gesucht werden, wird es immerhin gut seyn durch nochmalige Messungen die GröÙe der Verschiebung für die verschiedenen Streifen zu bestimmen.

Ich habe noch untersucht ob Zusatz von Glycerin oder von Chloroform zu einer alkoholischen Lösung eine Veränderung der Lage der Absorptionsstreifen bewirkt, und ich habe keine Verschiebung finden können. Anfänglich, wenn nach Zusatz von Glycerin die Flüssigkeit ungleichartig und trübe war, habe ich Verschiebungen bemerkt, die vielleicht ähnlicher Art sind, wie die welche neuerdings Gerland durch Zusetzen von Seifenwasser erhalten hat; doch habe ich über diesen Punkt noch nicht hinlänglich mannigfache Versuche angestellt, um mir ein bestimmtes Urtheil zu erlauben.

Bei meinen früheren Untersuchungen habe ich nicht unterschieden zwischen dem Fluorescenzspectrum einer frischen und einer modificirten Chlorophylllösung. Zur

Ergänzung dieser Lücke habe ich auf's Neue das Fluorescenzspectrum bestimmt, und zwar gleich nach einander bei einer frischen ätherischen Lösung und bei der schon mehrmals erwähnten alten Lösung von Piccard. Die Beleuchtungsverhältnisse waren bei diesen Beobachtungen sehr günstig, so daß die Spalte des Spectralapparates schmal genommen werden konnte.

Das Fluorescenzspectrum der ätherischen frischen Lösung zeigte deutlich zwei Streifen, die sich eng an einander anschlossen und durch ein schmales Lichtminimum von einander getrennt waren. Die Messungen ergaben:

Das Spectrum beginnt schwach bei 50 (26),

deutlich bei 64 (28);

I. Maximum bei 76 (30), das darauf folgende

Minimum bei 91 (33);

II. Maximum bei 105 (36), das Spectrum wird

schwach bei 116 (37)

und hört ganz auf bei . . 133 (40).

Das erste Maximum ist bedeutend lichtstärker als das zweite.

Wenn das erregende Licht durch ein rothes, gelbes, blaues, grünes oder violettes Glas (No. 1, 9, 3, 8, 5,) geht, so sieht man immer die beiden Maxima.

Ob das Fluorescenzspectrum der alkoholischen Lösung etwas verschoben ist im Vergleich mit dem der ätherischen, habe ich noch nicht untersucht; hingegen habe ich das Fluorescenzspectrum der alten modificirten Lösung von Piccard beobachtet und einen merklichen Unterschied gegenüber dem der frischen Lösung bemerkt; man sieht nämlich nicht mehr zwei durch ein Minimum getrennte Streifen, sondern einen starken Streif, an den dann noch ein schwächerer sich anlehnt; es sieht gerade so aus, wie wenn der zweite Streif des Spectrums der frischen Lösung etwas in den ersten hineingeschoben worden wäre.

Der Beginn des Spectrums ist gleich wie bei der frischen Lösung, das Maximum liegt etwa bei 79 (31),

der Uebergang vom stärkeren zum schwächeren Theil bei 89 (33) und das Ende bei 105 (36).

Schon am Ende meiner früheren Abhandlung habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß der hellste Theil des Fluoreszenzspectrums bei 72 (30) nur sehr wenig vor der Stelle 82 (31) liege, wo auch die Fluorescenzerregung und Absorption im Maximum sind. Nach den neuern sorgfältigern Bestimmungen liegt das Maximum der Fluorescenz bei 84 (32) und das Maximum des Fluoreszenzspectrums bei 76 (30); ich kann somit die schon früher ausgesprochene Bemerkung wiederholen, daß bei Streif I erregende und erregte Strahlen nahezu von gleicher Brechbarkeit sind, doch immerhin noch so, daß das Maximum des Fluoreszenzlichtes um eine meßbare Größe mehr nach der weniger brechbaren Seite liegt als das Maximum der Fluorescenz und Absorption.

In meiner frühern Abhandlung gab ich ferner für den Anfang der Fluorescenz 53 (26) und für den Anfang des Fluoreszenzspectrums 65 (28), Zahlen, die auf eine Abweichung vom Stokes'schen Gesetze könnten schließen lassen. Diesen Schluß habe ich zwar schon damals für vollkommen unberechtigt erklärt, wenn man die verhältnißmäßig schwache Lichtintensität des Fluoreszenzspectrums berücksichtigt; die neuern Beobachtungen geben nun für den Anfang der Fluorescenz *B* d. h. 63 (28) und für den Anfang des Fluoreszenzspectrums 50 (26); so daß meine Beobachtungen über das Chlorophyll gar nichts mehr liefern, das für die Annahme eines Abweichens von dem Stokes'schen Gesetze sprechen könnte.

Die Beobachtung von Lommel über das Spectrum des mit Lithiumlicht erregten Fluoreszenzlichtes, woraus die Unrichtigkeit des Stokes'schen Gesetzes folgen soll, habe ich bis jetzt nicht wiederholt; doch ist dieselbe für mich nicht entscheidend, da die glühenden Kohlen des elektrischen Lichtes auch weißes Licht aussenden, da das Lithiumspectrum noch eine zweite gelbe Linie enthält, und

außerdem, wenn nicht ganz chemisch reines Lithiumsalz genommen wird, auch noch gelbes Natriumlicht entsteht.

Auch das Spectrum der grünen Fluorescenz, welche allgemein die rothe begleitet, habe ich etwas näher untersucht. Früher hatte ich nur angegeben, daß das Spectrum dieser grünen Fluorescenz ungefähr von 160 (45) bis 360 (80) gehe; neue Beobachtungen ergaben, daß auch das Spectrum dieser grünen Fluorescenz Helligkeitsunterbrechungen hat und aus drei Maxima besteht, auf die noch ein vierter ganz schwacher Streif folgt.

Bei der frischen Lösung beginnt das Spectrum bei 157 (45);

I. Maximum bei 206 (53), das darauf folgende

Minimum bei 228 (57);

II. Maximum bei 246 (60), das darauf folgende

Minimum bei 281 (66);

III. Maximum bei 315 (72), das darauf folgende

Minimum bei 362 (80);

der schwache Streif geht bis 502 (104).

Das Maximum I ist das stärkste, die beiden andern sind unter sich ziemlich gleich.

Bei der modificirten Chlorophylllösung sieht man die gleichen drei Maxima, nur sind dann alle drei der Stärke nach sich gleich, und das erste beginnt etwas später, nämlich erst bei 170 (47).

Es ist nun noch einiges nachzutragen über das Absorptionsspectrum des *festen* Chlorophylls. Schon Sachs schloß aus seinen Beobachtungen, daß die Absorptionsstreifen, welche der Chlorophylllösung eigen sind, auch in dem die Blätter durchstrahlenden Lichte auftreten. Askenasy kam durch seine Untersuchungen zu dem gleichen Resultate. Schönn sah den Streif im Roth genau an der entsprechenden Stelle, d. h. genau wie bei der Lösung, und die andern Streifen, wenn die Blätter in Folge der Hitze gelbgrün geworden waren. Gerland und Rauenhoff bestätigten die Beobachtungen von Sachs, Askenasy und Schönn, gaben aber an, daß die Absorptions-

streifen nicht immer mit der gleichen Deutlichkeit zu sehen waren. Kraus kam zu dem Resultat, daß die Absorptionsbänder des festen Chlorophylls nach Zahl und Bau genau die der Lösung seyen, aber ihrer Lage nach verschoben. Das Resultat von Kraus auf meine Scale reducirt, ist folgendes:

Streif I	von 45 (25) bis 92 (33)
Mitte Streif II	114 (37)
Mitte Streif III	194 (51)
Mitte Streif IV	258 (62)
Mitte Streif V	379 (83).

In der neuern Arbeit von Gerland wird ebenfalls die Verschiebung der Streifen nach der rothen Seite constatirt.

Die so widersprechenden Angaben der verschiedenen Forscher veranlaßten mich, das Absorptionsspectrum frischer Blätter aufs Neue zu untersuchen; es wurden dabei sehr verschiedene Blätter bald einfach, bald zwei oder mehrere über einander, vor die Spalte des Spectralapparates gebracht. Ganz allgemein habe ich dabei die verschiedene viel mehr nach dem Rothen hin geschobene Lage des Absorptionsstreifs erkannt; dieser Streif, der die Linie *B* bedeckt, ist für das feste Chlorophyll sehr charakteristisch und allgemein sichtbar; selbst in dem von Wiesen und Wäldern reflectirten Lichte ist er mit einem Taschenspectroscope von Browning aus der Ferne sichtbar; wenn J. Müller denselben bei dem von einem Blatte reflectirten Lichte nicht sah und deshalb dem Spectrum des Grüns der Blätter jede Spur von Absorptionsbändern absprach, so ist dieß nur erklärlich, wenn bei dem angestellten Versuche das von der Oberfläche des Blattes reflectirte weiße Licht so sehr vorherrschte, daß das durch die Absorption modificirte Licht dagegen verschwand.

Nach meinen Messungen ging dieser Streif I
bei einem Blatt von 55 (27) bis 75 (30);
bei zwei Blättern von 51 (26) bis 104 (35);
bei drei und vier Blättern von 43 (25) bis 112 (37);

er stimmt somit der Lage nach mit dem Streif überein, den auch Kraus mit I bezeichnet hat. Bei genauer Prüfung sah ich außer diesem sehr auffallenden Streif I noch fünf andere Absorptionsstreifen, die zwar lange nicht so deutlich und scharf ausgeprägt sind als in den Lösungen, weshalb sie bei einer etwas oberflächlichen Beobachtung übersehen werden können; die aber bei aufmerksamerer Untersuchung gar wohl zu erkennen sind, besonders wenn man das Auge etwas hin und her bewegt. Wenn vier Blätter vor die Spalte gebracht und darauf die Lichtstrahlen der Sonne mit einer Linse concentrirt wurden, so sah ich außer dem stark ausgeprägten schon erwähnten Streif I noch

Streif II von 122 (39) bis 149 (43);

Streif III von 178 (48) bis 219 (56);

Streif IV von 252 (61) bis 291 (68);

und, wenn nur ein oder zwei Blätter im concentrirten Licht vor der Spalte waren, noch

Streif V von 351 (78) bis 432 (92);

Streif VI von 557 (114) bis 637 (128).

Der letzte Streif VI ist nicht scharf abgegränzt von der Absorption auf der violetten Seite, die nach und nach zunimmt und bei *einem* Blatt und concentrirtem Licht von 791 (155) an vollkommen ist. Bei schwachem Licht oder einer größeren Zahl von Blättern sind Streif I und II verwachsen und zeigen sich als *ein* ganz dunkler Streif, an den ein Halbdunkel sich anschliesst.

Der Vergleich der Resultate meiner Messungen mit den Angaben von Kraus giebt eine ziemliche Uebereinstimmung; ein wesentlicher Unterschied ist nur bei Streif II, der bei Kraus um eine merkliche Gröfse mehr nach dem rothen Ende zu liegt.

Kraus und Gerland nehmen an, daß die Absorptionsstreifen des festen Chlorophylls denen der Lösung entsprechen und nur mehr nach dem rothen Ende geschoben sind, und diese Ansicht gewinnt besonders an

Wahrscheinlichkeit durch die neuen Versuche von Gerland über die Wirkung eines Zusatzes von Seifenwasser auf das Spectrum der ätherischen Chlorophylllösung. Da die obigen Bestimmungen über die Lage der Absorptionsstreifen im festen Chlorophyll mit frischen Blättern angestellt sind, und da Streif V nur dem modificirten Blattgrün angehört, so müssen wir wohl annehmen, daß Streif I bis VI des Grüns der Blätter den Streifen I, II, III, IV, VI und VII der Chlorophylllösung entsprechen. Nehmen wir dies an, so finden wir, daß die Größe der Verschiebung auch hier, wie wir dieß schon beim Vergleich der ätherischen und alkoholischen Lösung gesehen haben, nach der Seite des Violett sehr bedeutend zunimmt, und zwar so, daß sie bei Streif I nur etwa 10, bei Streif VII etwa 136 Theilstreichen unserer Scale entspricht. Beim Streif I ist somit die Verschiebung etwa drei Mal so groß als beim Uebergang von der ätherischen zur alkoholischen Lösung, bei dem Streif VII viel bedeutender; auch ist leicht ersichtlich, daß hier die Verschiebung bei I und VII nicht einer gleichen Vergrößerung der Wellenlänge entsprechen kann.

Dauer der Fluorescenz.

Bekanntlich hat Edm. Becquerel mit Hülfe seines Phosphoroskops die Dauer der Phosphorescenz bei einer ziemlichen Anzahl fester Körper bestimmt; fluorescirende flüssige Körper hat er keine gefunden ¹⁾, die in seinem Apparate eine Nachwirkung zeigen, d. h. noch Licht ausstrahlen, nachdem die Bestrahlung aufgehört hat. Da es von großem theoretischen Interesse ist, festzustellen, ob zwischen Phosphorescenz und Fluorescenz nur ein graduel-ler oder ein wesentlicher Unterschied stattfindet, so habe ich eine Anzahl der mir zu Gebote stehenden Substanzen auf die Andauer der Fluorescenz untersucht. Eine besondere Aufmerksamkeit schenkte ich den stark fluorescirenden Flüssigkeiten. Wenn man diese untersuchen will, so ist es

1) *Annales de Chim. et Phys.* (3), T. LV, p. 89.

zweckmäßig das Phosphoroscop so umzuformen, daß das Licht auf die freie Oberfläche der Flüssigkeit geworfen wird, und so jeder störende Einfluß des fluorescirenden Glases vermieden wird; es ist eine solche Einrichtung weniger umständlich als Anwendung von Quarztrögen. Diese Umänderung des Phosphoroscopes beruht einfach darauf, daß man statt der beiden fest mit einander verbundenen und mit verschränkten Ausschnitten versehenen Blechschirme nur einen Schirm anwendet, der in zwei concentrischen Kreisen verschränkte Löcher hat, das Instrument statt vertical horizontal stellt, die Flüssigkeit in einem kleinen Gefäß hineinschiebt, das durch eine Linse concentrirte Licht durch die inneren Löcher auf die Oberfläche der Flüssigkeiten sendet und durch die äußeren Löcher die Wirkung beobachtet; es muß dann noch das Auge durch passende Schirme gegen Licht geschützt werden, das von den Theilen des Apparates reflectirt wird. Mein Apparat war nur im Stande, eine Andauer anzuzeigen, die $\frac{1}{1500}$ Secunde oder mehr betrug; es wäre natürlich sehr wünschenswerth, die Gränze noch bedeutend weiter zu treiben, und ich hoffe später solche Beobachtungen anstellen zu können; die bis jetzt angestellten können nur als Vorversuche betrachtet werden. Von den festen Substanzen, die ich untersuchte, zeigten eine merkliche Andauer das Uranglas, das salpetersaure Uran und der Flußspath, bei welchen Körpern diese Eigenschaft schon von Edm. Becquerel¹⁾ einläßlich untersucht worden ist. Keine Andauer war zu bemerken beim Bariumplatincyantür, Photen und Brasilin. Ferner habe ich bei keiner Flüssigkeit eine Spur von Andauer bemerken können. Die von mir nach dieser Seite untersuchten fluorescirenden Flüssigkeiten sind: Morin-Thonerde-Lösung, alkoholische Lösung von Rose Naphtaline, ätherische Lösung von Chrysanilin, Thiomelonsäure, Lösung

1) *Annales de Chim. et de Phys.* (3), T. LXII, p. 5. Auffallend ist, daß 8 Jahre nach der Becquerel'schen Arbeit C. Bohn in Pogg. Ann. Bd. CXXXIII, S. 173 behauptet, er habe nie eine Fortdauer der Fluorescenz beim Uranglas constatiren können.

von saurem schwefelsaurem Chinin, Petroleum, Aesculinlösung, ätherische Lösung von frischem Chlorophyll, weingeistiger Kienruss- und Stechapfelsaamenauszug.

Wenn es sich nun darum handelt, aus dem ziemlich reichlich vorliegenden Beobachtungsmaterial allgemeine Resultate von theoretischer Bedeutung zu ziehen, so ist dies sehr schwierig. Der Eindruck, den ein unbefangener Ueberblick vorerst gewährt, ist der einer sehr großen Mannigfaltigkeit; und es ist keine Frage, daß wir es hier mit einem Vorgange zu thun haben, der zu der großen Gruppe physikalischer Erscheinungen gehört, welche durch die mit der stofflichen Beschaffenheit zusammenhängende molekulare Constitution bedingt sind, und wo eben jeder Körper gleichsam als besonderes Individuum mit eigenthümlichen charakteristischen Eigenschaften auftritt. Im Folgenden will ich versuchen, diese mannigfaltige Gestaltung der Fluorescenzerscheinung nach den verschiedenen Seiten hin etwas auszuführen und zugleich zu zeigen, wo wir bis jetzt im Stande sind, mit einiger Zuverlässigkeit bestimmte allgemein gültige Gesetze aufzustellen.

Fluorescenz im Spectrum oder fluorescirende Spectren.

Stellen wir die Frage, ob unter Umständen alle Strahlen des Spectrums im Stande sind, Fluorescenz zu erregen, so können wir wohl mit Ja antworten. Wir könnten höchstens bei den rothen Strahlen, die vor der Linie *B* liegen, uns veranlaßt sehen, sie von der Fluorescenz erregenden Eigenschaft auszuschließen, indem mir allerdings keine Substanz bekannt ist, die vor dieser Stelle im Spectrum zu fluoresciren beginnt. Wenn man aber in Betracht zieht, daß das Fluorescenzlicht weniger brechbar ist als das erregende, so ist es sehr begreiflich, daß eine im äußersten Roth erregte Fluorescenz für unser Auge nicht mehr sichtbar ist.

Was die Ausdehnung der Fluorescenz im Spectrum betrifft, so zeigen sich uns sehr bedeutende Unterschiede;

es giebt Fälle, wo dieselbe erst im violetten Theile nach der Linie *G* beginnt, wie z. B. beim Bisulfanthrachinon und beim Flussspath, während sie in anderen Fällen fast über das ganze Spectrum sich erstreckt, wie z. B. beim Chlorophyll, dem Naphtalinroth, der Thiomelansäure. So viel läßt sich jedoch sagen, daß nach der violetten Seite hin die Fluorescenz immer bis über die Linien *H* hinaus sich erstreckt; mir ist wenigstens keine fluorescirende Substanz bekannt, die in der Gegend der Linien *H* gar nicht fluorescirt.

In Bezug auf die Zahl der Maxima der Fluorescenz haben wir die allergrößte Mannigfaltigkeit, nämlich:

- 7 Maxima bei der frischen Blattgrünlösung;
- 6 Maxima bei der modificirten Blattgrünlösung;
- 5 Maxima bei den Auszügen des Kienrusses;
- 4 Maxima bei Bariumplatincyantür α ;
- 3 Maxima beim Naphtalinroth, bei der alkoholischen Lackmuslösung, bei Purpurin in Alaun, beim Uranglas, bei Orseille mit Ammoniak;
- 2 Maxima beim oxydirten Brasilin, bei der Guajaklösung, bei Safflor, bei Orseille ohne Ammoniak;
- 1 Maximum bei der Morin-Thonerdelösung, beim salpetersauren Chrysanilin in Aether oder Schwefelsäure, bei der Thiomelansäure, beim Stechapfelsaamenextract, beim schwefelsauren Chinin, beim Aesculin und Fraxin, bei der Curcumatinctur, beim Bichloranthracen, beim Photen, beim Petroleum, beim salpetersauren Uranoxyd und einigen andern mehr.

In Bezug auf die Lage der einzelnen Maxima und ihre Distanz von einander ist es mir bis jetzt nicht möglich gewesen, bestimmte Gesetze aufzustellen; der Umstand, daß in dem blauen und violetten Theile des Spectrums die Maxima verhältnißmäßig weiter aus einander liegen, läßt sich wohl auf Kosten des Dispensionsgesetzes schreiben.

Es ist noch zu bemerken, daß in einigen Fällen, wie z. B. beim Chlorophyll und beim Bariumplatincyantür α die Unterschiede der Fluorescenz bei den Maxima und

Minima sehr auffallend sind, während in andern Fällen, wie z. B. bei den Auszügen des Kienrusses und ganz besonders bei dem mit Schwefelkohlenstoff, schon eine gesteigerte Aufmerksamkeit bei der Beobachtung dazu gehört, um die Helligkeitsunterschiede wahrzunehmen.

Zusammenhang der Fluorescenz und Absorption.

Schon Stokes hat bekanntlich gezeigt, daß überall da, wo die Strahlen Fluorescenz erregen, eine entsprechende Absorption eintritt; nach dem mechanischen Satze der Erhaltung der lebendigen Kraft kann es auch gar nicht anders seyn. Bei allen meinen Beobachtungen hat sich deshalb auch diese der Fluorescenz entsprechende Absorption gezeigt; und das Absorptionsspectrum konnte häufig dazu dienen, die Maxima der Fluorescenz etwas genauer zu bestimmen. Etwas auffallender ist, wie auch schon Stokes ¹⁾ bemerkt hat, der Umstand, daß bei fluorescirenden Körpern im Allgemeinen jeder Absorption auch Fluorescenz entspricht, während dies ja durchaus nicht so zu seyn brauchte, da ja sonst bei gefärbten Flüssigkeiten sehr häufig Lichtabsorption ohne entsprechende Fluorescenz vorkommt. Bei weitem in den meisten Fällen hat sich bei meinen Untersuchungen der Zusammenhang zwischen Absorption und Fluorescenz auch nach dieser Richtung gezeigt; doch sind mir ebenfalls Fälle vorgekommen, wo die Substanz außer der der Fluorescenz entsprechenden Absorption noch eine besondere Absorption an einigen Stellen zeigte. Wir haben dies bei der wässrigen Lackmuslösung und bei der Lösung von Purpurin in Soda. In diesen beiden Fällen erklärt sich dieser Umstand mit großer Wahrscheinlichkeit durch die Annahme, daß wir es mit Gemengen von einer fluorescirenden und einer gefärbten nicht fluorescirenden Flüssigkeit zu thun haben. Viel auffallender, wenn auch keinem allgemeinen Gesetze widersprechend, ist die Erscheinung beim festen und gelösten salpetersauren Uran, wo den scharf ausge-

1) Pogg. Annalen Bd. CXXVI, S. 630.

prägen Absorptionsstreifen keine Maxima der Fluorescenz entsprechen.

Spektren des Fluorescenzlichtes oder Fluorescenzspectren.

Der möglichst genauen Untersuchung und Beschreibung der Fluorescenzspectren habe ich besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Auch hier zeigt sich nach verschiedenen Gesichtspunkten die allergrößte Mannigfaltigkeit.

In Betreff der Ausdehnung des Fluorescenzspectrums sind die Unterschiede sehr groß; die kleinste Ausdehnung hat wohl das des Chlorophylls, besonders wenn wir die grüne Fluorescenz einer besondern Substanz zuschreiben; eine sehr bedeutende Ausdehnung haben wir andererseits bei den Fluorescenzspectren der Thiomelansäure, des Bisulfanthrachinons, des Flussspathes u. a. m.

Von besonderem Interesse bei den Fluorescenzspectren ist die Intermittenz in der Lichtstärke, welche durch die Anzahl der Maxima charakterisirt ist. Wir haben

8 Maxima beim salpetersauren Uranoxyd;

6 Maxima beim Bichloranthracen, Photen und Petroleum;

5 Maxima beim Uranglas und den Kienrußextracten;

3 Maxima deutlich bei der Guajaklösung, weniger deutlich beim Fluoresceïn und Fluoranilin;

2 Maxima deutlich beim alkoholischen Lackmusauszug, bei Orseillelösung und bei der frischen ätherischen Blattgrünlösung, weniger deutlich ausgesprochen beim oxydirten Brasilin, dem Amid, der Terephtalsäure, dem schwefelsauren Chinin, dem Aesculin, dem Fraxin, der Curcumatinetur, dem Purpurin und dem Bichloranthracen.

Nur ein Maximum, also keine Intermittenz in der Lichtintensität zeigen die Fluorescenzspectren der Morinthonerdelösung, des Naphtalinrothes, des salpetersauren Chrysanilins, der Thiomelansäure, des Amides der Phtalsäure, des Malzzuckers, der weingeistigen Sandaraklösung, des Flussspathes.

Der Grad des Helligkeitsunterschiedes zwischen Maxima und Minima ist außerordentlich verschieden; sehr deutlich und scharf ausgeprägt wie einzelne abgegränzte helle Streifen sind die Maxima im Fluorescenzspectrum des salpetersauren Urans; während andererseits beim Fluoresciren, das in Bezug auf Fluorescenzfärbung dem salpetersauren Uran sehr nahe steht, die Unterschiede in der Helligkeit nur schwer bemerkbar sind.

Man könnte vermuthen, daß die Intermittenz beim Fluoresciren im Spectrum (im fluorescirenden Spectrum) im Zusammenhang stehe mit der Intermittenz im Fluorescenzspectrum und die eine die andere bedinge. Es giebt Fälle, die für einen solchen Zusammenhang sich anführen ließen; so zeigen z. B. die Auszüge aus Kienrufs 5 Maxima der Fluorescenz im Spectrum und auch wieder 5 Maxima im Fluorescenzspectrum. Allein viele andere Fälle zeigen, daß hier jedenfalls kein einfacher Zusammenhang stattfindet. Die Lösung des frischen Blattgrüns zeigt 7 Maxima der Fluorescenz und nur 2 Maxima im Fluorescenzspectrum. Das Naphtalinroth zeigt sehr deutlich ausgesprochen 3 Maxima der Fluorescenz im Spectrum, während im Fluorescenzspectrum keine Spur von Intermittenz zu bemerken ist. Umgekehrt zeigt das salpetersaure Uranoxyd, das 8 sehr scharf ausgeprägte Maxima im Fluorescenzspectrum hat, keine Intermittenz der Lichtstärke beim Fluoresciren im Spectrum; in ähnlicher Weise haben Bichloranthracen, Phosphen und Petroleum 6 Maxima im Fluorescenzspectrum und nur 1 Maximum d. h. keine Intermittenz im fluorescirenden Spectrum.

Die Vertheilung der Maxima und Minima im Fluorescenzspectrum, d. h. ihre gegenseitigen Distanzen zeigen eher mehr Regelmäßigkeit als dies beim fluorescirenden Spectrum der Fall ist; allein bestimmte Gesetze über diese periodische Zunahme und Abnahme der Lichtintensität aufzustellen, ist mir bis jetzt nicht gelungen.

Es ist nun noch die Frage zu besprechen, ob die Intermittenz des Fluorescirens oder des Fluorescenzspectrum

sich durch die Annahme von Gemengen fluorescirender Substanzen erklären lasse. Da es möglich ist, wie wir durch den Versuch mit einem Gemenge von Naphtalinroth- und Morinthonerdelösung gezeigt haben, künstlich durch Mengen fluorescirender Substanzen Intermittenzen hervorzubringen, so ist diese Frage jedenfalls sehr gerechtfertigt. In einigen Fällen mag diese Erklärungsweise die richtige seyn, besonders da wo sowohl im fluorescirenden als im Fluorescenzspectrum sich Intermittenz zeigt; die Intermittenzen bei den Lösungen von Guajak, Purpurin, Orseille, Lackmus könnten wohl in solcher Weise erklärt werden, besonders da man alle Ursache hat anzunehmen, daß man es in diesen Fällen mit Gemengen verschiedener Farbstoffe zu thun hat; immerhin wäre aber wünschenswerth, daß in solchen Fällen die verschiedenen Stoffe und somit auch die verschiedenen Fluorescenzen wirklich getrennt werden können; vielleicht daß gerade die Untersuchung auf Fluorescenz ein Mittel an die Hand giebt, die Trennung zu controlliren. In manchen andern Fällen wäre es jedoch eine höchst gewagte und unwahrscheinliche Hypothese, wenn man die Intermittenz aus Gemengen erklären wollte; und ich theile somit in diesem Punkte die Ansicht von V. Pierre nicht, daß man bei einer Intermittenz im fluorescirenden Spectrum oder, wie er es nennt, bei einer zusammengesetzten Fluorescenz es stets mit einem Gemenge verschiedener für sich einfach fluorescirender Stoffe zu thun habe. Wollte man z. B. bei der frischen Chlorophylllösung annehmen, daß die Intermittenz beim Fluoresciren im Spectrum nur herrühre von verschiedenen gemengten Stoffen, so wäre es immerhin sonderbar, daß in allen möglichen Pflanzen im frischen Blattgrün diese Stoffe nach ganz gleichen Verhältnissen gemengt sind, und noch sonderbarer wäre, daß alle diese Stoffe, die durch verschiedene Strahlen zur Fluorescenz angeregt werden, das ganz gleiche Fluorescenzspectrum geben. Ferner zeigen einige Körper, deren Krystallisation wohl schwerlich die Annahme eines

Gemenges zuläfst, wie das Naphtalinroth, das salpetersaure Uranoxyd, das Photen sehr deutlich die Intermittenz entweder im fluorescirenden oder im Fluorescenzspectrum. Aber auch selbst in Fällen, wo der Ursprung der Substanz leicht die Annahme eines Gemenges zuliesse, wie z. B. bei den Auszügen aus Kienrufs, haben wir alle Ursache auf eine einfache Substanz mit intermittirendem Spectrum zu schliessen, wenn, wie es hier der Fall ist, die Intermittenz in gleicher Weise bei mehreren Auszügen vorkommt, und wenn sich zugleich eine gewisse Regelmäßigkeit in der Intermittenz zeigt.

Gesetze über den Zusammenhang zwischen erregenden Strahlen und Fluorescenzlicht.

Das wichtigste Gesetz, das über den Zusammenhang des Lichtes, das die Fluorescenz erregt, und des Lichtes, das vom fluorescirenden Körper ausstrahlt, in Betreff der Wellenlänge aufgestellt wurde, ist bekanntlich das Stokes'sche Gesetz. Es sagt, daß die Brechbarkeit des einfallenden Lichtes die obere Gränze sey der Brechbarkeit der Bestandtheile des Fluorescenzlichtes, oder mit andern Worten, daß im Fluorescenzlicht nie Strahlen enthalten seyen brechbarer als die, welche die Fluorescenz erregen. Dieses Stokes'sche Gesetz habe ich unter allen Umständen richtig gefunden, so daß ich mich veranlaßt sehe, dasselbe gegenüber den Zweifeln, die darüber aufgestellt worden sind, aufrecht zu erhalten. Bei der Besprechung der mit Naphtalinroth, Chlorophyll, Thiomelansäure und einigen andern Körpern nach dieser Richtung angestellten Versuchen habe ich diesen Punkt einläßlich erörtert, so daß ich nicht nöthig habe, nochmals auf denselben näher einzutreten.

Weitere Sätze, die sich auf den Zusammenhang zwischen erregenden und erregten Strahlen beziehen, sind von V. Pierre aufgestellt worden. Einige derselben, denen ich gestützt auf meine Beobachtungen die Beistimmung nicht ertheilen kann, sind die folgenden:

„1) Unterwirft man ein reines Linearspectrum der prismatischen Analyse, so findet man ebenfalls *an allen Stellen*, an welchen die Fluorescenz intensiv genug ist, um ein sicheres Urtheil zuzulassen, *die Zusammensetzung der Fluorescenzfarbe ganz gleichartig*; so geben z. B. Körper, die im Grün oder Blau u. s. w. zu fluoresciren beginnen, im abgeleiteten Spectrum bis ins äußerste Ultraviolett, so weit sich überhaupt noch Fluorescenz erkennen läßt, nur die Farben von jenen des Beginnes an bis gegen das rothe Ende des Spectrums, und nie entsteht bei einem Stoffe, der im Gelb zu fluoresciren beginnt, durch irgend einen der brechbareren Strahlen, den blauen oder violetten, z. B. eine Farbe, die brechbarer wäre als das Gelb, in welchem die Fluorescenz beginnt.“

„2) Vorzugsweise bemerkenswerth ist hierbei die Thatsache, *daß in der ganzen Ausdehnung der fluorescirenden Partie des Spectrums überall, an den Stellen der stärksten Fluorescenz sowohl als jenen der schwächsten, stets dieselben Farben im abgeleiteten Spectrum die herrschenden sind.*“

Oder an einer andern Stelle: „Als Endresultat dieser Thatsachen ergiebt sich nun die Folgerung, *daß die Zusammensetzung der Fluorescenzfarbe von der Natur der erzeugenden Farbe unabhängig* und für jeden fluorescirenden Stoff charakteristisch ist.“

„3) Man findet constant in dem abgeleiteten Spectrum diejenigen Farben am intensivsten hervortreten, welche denjenigen, bei welchen die Fluorescenz beginnt, zunächst voran gehen.“

Oder an einer andern Stelle: „Immer sind unter den durch Fluorescenz neu entstehenden Strahlen diejenigen die intensivsten, deren Wellenlänge derjenigen der Strahlen, in welchen die Fluorescenz zuerst auftritt, entweder gleich ist, oder doch nahe kommt, in diesem letztern Falle aber stets eine größere ist als die der Gränze des Beginnes der Fluorescenz entsprechende.“

Gegen den unter 1) ausgesprochenen Satz spricht unter Anderem deutlich die Erscheinung bei der Thiomelansäure. Die Fluorescenz dieser Substanz beginnt schon vor *C*, und nichts desto weniger enthält das Fluorescenzlicht Strahlen aus der Gegend zwischen *F* und *G*.

Gegen den Satz unter 2) spricht die an mehrern Orten, am ausführlichsten beim Naphtalinroth und der Thiomelansäure, besprochene Thatsache, daß in Folge des Stokes'schen Gesetzes das Fluorescenzspectrum verkürzt wird, so wie auch der Umstand, daß das Maximum des Fluorescenzspectrum verschieden liegt, wenn verschiedene Lichtarten erregend einwirken, wie wir dies bei der Morinthonerdelösung, beim Naphtalinroth, bei der Thiomelansäure, dem Bichloranthracen, dem Bisulfanthrachinon, dem Flußspath, dem Fluoresceïn u. a. m. gesehen haben.

Es zeigt sich dabei auch häufig, daß im Fluorescenzspectrum die Strahlen nur schwach vertreten sind, deren Wellenlänge bedeutend von der des erregenden Lichtes abweicht. So zeigt z. B. das Spectrum der Thiomelansäure nur ganz schwaches rothes Licht, wenn man die Fluorescenz mit Licht aus der Gegend von *H* erregt, während das Roth sehr deutlich auftritt bei Erregung mit Licht aus der Gegend von *E*. Doch kann dieser Satz nicht als allgemein gültig hingestellt worden, indem z. B. bei der Chlorophylllösung Licht aus der Gegend zwischen *G* und *H* noch verhältnißmäßig stark eine Fluorescenz erregt, deren Strahlen zwischen *B* und *C* liegen; auch beim Naphtalinroth ist in der Gegend von *H* die Erregung eines Fluorescenzlichtes noch ziemlich stark, das in Bezug auf Brechbarkeit nahe bei der Linie *D* liegt.

Gegen den unter 3) von V. Pierre angeführten Satz sprechen mehrere meiner Beobachtungen. Beim Naphtalinroth z. B. liegt der Beginn der Fluorescenz bei 139, das Maximum des Lichtes im Fluorescenzspectrum erst bei 171; bei der Thiomelansäure liegt der Beginn bei 83, das Maximum des Fluorescenzspectrum erst bei 268.

Einfluss des Lösungsmittels.

Ueber den Einfluss des Lösungsmittels hat sich V. Pierre wohl ganz richtig dahin ausgesprochen, daß mitunter das Lösungsmittel Einfluss auf den Charakter der Fluorescenz habe. So unbestimmt dieser Satz klingt, so bin ich doch nicht im Stande, einen deutlicher sprechenden an seine Stelle zu setzen und in bestimmter Weise die Abhänglichkeit der Fluorescenz vom Lösungsmittel anzugeben. In einigen Fällen habe ich keinen Einfluss des Lösungsmittels constatiren können, so verhalten sich z. B. die Lösungen des salpetersauren Chrysanilins in Aethe und in Schwefelsäure gleich, ebenso der ätherische und alkoholische Auszug aus Kienrufs, die ätherische und alkoholische Lösung des Amides der Terephtalsäure, die ätherische und alkoholische Lösung von Orseille, ebenso nach V. Pierre die alkoholische und wässrige Lösung von Fraxin und Aesculin. In andern Fällen giebt sich der Einfluss des Lösungsmittels bald in einer Verschiebung der Maxima des Fluorescirens, bald in einer solchen der Maxima des Fluorescenzspectrums zu erkennen.

Beginn und Maximum der Fluorescenz sind bei der ätherischen Lösung des Amides der Phtalsäure nach der violetten Seite verschoben im Vergleich mit der alkoholischen. Eine Verschiebung im gleichen Sinn ebenfalls beim Uebergang von der alkoholischen zur ätherischen Lösung wurde beim Chlorophyll einläßlicher besprochen; sie betrifft alle Maxima mit Ausnahme von II. Ebenso zeigt die ätherische Purpurinlösung eine Verschiebung der Maxima nach der violetten Seite im Vergleich mit der Lösung in Alaun. Die Auszüge des Kienrusses zeigen ähnliche Unterschiede; beim Auszug mit Schwefelkohlenstoff liegen die Maxima am meisten nach Roth hin; sehr merklich mehr nach Violett bei dem Auszug mit Terpenöl, und noch mehr bei dem mit Alkohol und Aether. Kraus ¹⁾ hat den Satz ausgesprochen, daß je dichter das

1) Sitzungsber. der phys. med. Societät zu Erlangen vom 10. Juli 1871.

Lösungsmittel, desto weiter die Absorptionsbänder gegen das rothe Ende rücken und umgekehrt. Da Fluorescenzmaxima und Absorptionsbänder einander entsprechen, so können, wie man sich leicht überzeugen kann, meine Versuche als Beweise für die von Kraus ausgesprochene Ansicht dienen; allein ein genaues Gesetz über den Zusammenhang läßt sich wohl noch nicht aufstellen, bevor weitere sorgfältige Versuche und Messungen angestellt sind; vor Allem wäre zu entscheiden, ob das specifische Gewicht, der Brechungsindex oder die brechende Kraft von entscheidendem Einfluß sind. Erst als meine Arbeit bald abgeschlossen war, habe ich, theilweise veranlaßt durch die Bemerkungen von Kraus, die große theoretische Bedeutung dieser Verschiebungen erkannt, sonst hätte ich denselben gleich von Anfang an mehr Aufmerksamkeit geschenkt.

Aber auch das Fluorescenzspectrum und damit die Farbe der Fluorescenz werden unter Umständen durch das Lösungsmittel beeinflusst. So liegt bei der ätherischen Lösung des Amides der Phtalsäure das Maximum des Fluorescenzspectrums mehr nach dem Violett als das der alkoholischen Lösung. Ebenso zeigt die ätherische Lösung des Purpurins die Maxima des Fluorescenzspectrums mehr nach der violetten Seite gerückt als die Alaunlösung. Der Auszug aus Kienrufs mit Schwefelkohlenstoff zeigt 5 Maxima wie die Auszüge mit Terpentinöl, Alkohol und Aether, nur liegen alle 5 Maxima mehr nach der rothen Seite im Spectrum.

Es wäre nun die Frage zu beantworten, ob eine Verschiebung der Maxima der Fluorescenz immer auch eine Verschiebung der Maxima der Fluorescenzspectra nach sich zieht. Vergleichen wir mit einander die ätherische und alkoholische Lösung des Amides der Phtalsäure, die ätherische Lösung und Alaunlösung des Purpurins, den Auszug des Kienrufs mit Schwefelkohlenstoff und mit Terpentinöl, so müssen wir die Frage bejahend beantworten. Anders scheint sich jedoch, so weit bis jetzt meine Beob-

achtungen reichen, die Sache zu gestalten, wenn wir die Auszüge aus Kienruß mit Terpentinöl einerseits und mit Aether oder Alkohol andererseits einander gegenüberstellen, indem der ätherische Auszug im Vergleich mit dem Terpentinölauszug eine Verschiebung des Maximums der Fluorescenz, nicht aber zugleich eine Verschiebung der Maxima des Fluorescenzspectrums ergibt. Wie sich in dieser Hinsicht das Blattgrün verhält, habe ich, wie schon oben bemerkt, noch nicht untersucht.

Bei der Besprechung der Beobachtungen über die Verschiebung der Absorptionsstreifen des Chlorophylls und des Purpurins habe ich noch einige Rechnungsergebnisse über die Größe der Verschiebung in den verschiedenen Theilen des Spectrums angegeben; zu einem zuverlässigen allgemeinen Gesetze haben mich dieselben bis jetzt nicht geführt.

Aus dem Gesagten geht deutlich hervor, daß über die Verschiebung der Maxima der Fluorescenz und der Maxima des Fluorescenzspectrums bei Anwendung verschiedener Lösungsmittel noch keine bestimmten Gesetze sich aussprechen lassen; jedenfalls verdient aber dieser Gegenstand, der sehr wohl geeignet seyn kann wichtige Anhaltspunkte für die Theorie der Fluorescenz zu geben, eine weitere sorgfältige Untersuchung.

Einfluß des Aggregatzustandes.

Die Frage, ob das Fluoresciren im festen Zustande das Fluoresciren im gelösten Zustande nach sich ziehe, und umgekehrt, muß je nach der Beschaffenheit der Körper auf ganz verschiedene Weise beantwortet werden.

Es giebt Körper, die im festen Zustande fluoresciren und im gelösten gar nicht; so z. B. das Bariumplatincyanür.

Es giebt Körper, die im festen Zustande stark fluoresciren, und im gelösten schwach; so z. B. das salpetersaure Uranoxyd.

Es giebt auch Körper, die im festen und gelösten Zu-

stande stark fluoresciren, so z. B. das Photen, der Malzucker, der Curcumafarbstoff, das Brasilin.

Es giebt ferner Körper, die im festen Zustand wenig fluoresciren und im gelösten stark, so z. B. das Aesculin, das schwefelsaure Chinin, die Amide der Phtalsäure und der Terephthalsäure.

Es giebt endlich Körper, die im festen Zustande gar nicht fluoresciren, sondern nur im gelösten; so z. B. das Naphtalinroth.

Zusammenhang von Phosphorescenz und Fluorescenz.

In wie fern Phosphorescenz und Fluorescenz als zwei wesentlich oder nur graduell verschiedene Erscheinungen aufzufassen sind, ist immer noch nicht mit Bestimmtheit zu entscheiden; doch drängt Vieles nach der letztern Ansicht. Eine entscheidende Antwort auf diese Frage kann nur gegeben werden, wenn es möglich wird, experimentell eine kleine Andauer der Lichtausstrahlung auch bei einigen stark fluorescirenden Flüssigkeiten nachzuweisen, was, wie ich oben angegeben habe, mir bis jetzt nicht gelungen ist; allerdings vielleicht nur darum, weil ich nicht im Stande war, meinem Apparate die hinlängliche Geschwindigkeit zu ertheilen.

Es sey hier nur noch bemerkt, daß die Fluorescenzspectra mit Intermittenz, die wir bei manchen Körpern beschrieben haben, sehr viel Aehnlichkeit mit manchen Spectren phosphorescirender Körper haben, so daß also auch von dieser Seite her eine gegenseitige Annäherung der beiden Erscheinungen angebahnt ist.

Theorie der Fluorescenz.

Auf die Kritik der verschiedenen Theorien, die zur Erklärung der Fluorescenzerscheinung aufgestellt worden sind, will ich hier nicht näher eintreten; es wird dieß vielleicht den Gegenstand einer zukünftigen Arbeit bilden; einstweilen erlaube ich mir nur die Behauptung, daß keine der bis jetzt aufgestellten Theorien im Stande ist, die große

Mannigfaltigkeit der besprochenen Erscheinungen zu erklären, und daß es auch nicht so bald eine Theorie thun wird.

Daß schon die theoretischen Betrachtungen von Stokes die richtigen Grundsätze einer Theorie enthalten, wird wohl allgemein anerkannt werden müssen. So werden wir annehmen müssen, daß die den Körper treffenden Aetherschwingungen die Moleküle des Körpers in Bewegung setzen und ihn zu einem selbstleuchtenden Körper machen. Wir haben somit eine gewisse Aehnlichkeit mit dem akustischen Vorgange des Mittönens. Allein in einem Punkte ist die Verschiedenheit sehr groß; die Untersuchung der Spectren des Fluorescenzlichtes, das durch homogenes Licht erzeugt ist, ergibt als dessen Bestandtheil nicht auch homogenes Licht, d. h. nicht *eine* bestimmte Lichtsorte, sondern eine unendliche Anzahl in Bezug auf die Wellenlänge stätig in einander übergehender Lichtsorten. In dieser Beziehung schliessen sich die Fluorescenzspectra an die Spectra der glühenden festen Körper an. Wenn das von einem gleichartigen Körper ausstrahlende Licht eine solche unendliche Mannigfaltigkeit von Schwingungsdauern hat, so ist die Erzeugung derselben, wie dies auch schon Stokes gezeigt hat, nur denkbar unter der Wirkung von Kräften, die nicht nur der ersten Potenz des Ausschlages proportional sind, und die also Schwingungen liefern, deren Schwingungsdauer eine Function des Ausschlages ist. Schon beim Glühen eines festen Körpers unter dem Einfluß einer hohen Temperatur müssen wir solche Schwingungen annehmen, da wir sonst nicht im Stande sind von dem continuirlichen Spectrum des Glühlichtes uns Rechenschaft zu geben. Die genaue theoretische Lösung des Problemes des Glühens eines festen Körpers ist nun nach meiner Auffassung die einfachere und leichtere Aufgabe, deren klare Lösung schon vorliegen muß, wenn wir zu der gewiß complicirtern Aufgabe der Erzeugung des Fluorescenzlichtes schreiten wollen. Das Glühen der festen Körper bei hoher Temperatur ist bekanntlich

für die Körper von ganz verschiedener Natur gleich, es scheint somit unabhängig von der inneren Molekularconstitution zu seyn; während dieselbe bei dem Fluorescenzglühen in hohem Grade maafsgebend ist und als weitere Complication hinzutritt. Für die Rechtfertigung des Stokes'schen Gesetzes hat bekanntlich Stokes selbst einen einleuchtenden theoretischen Gesichtspunkt eröffnet; doch ist gewifs noch manches andere dabei in Berücksichtigung zu ziehen, aufer der sehr complicirten Molekularconstitution wohl auch die gröfsere Masse des erregten Körpermoleküls gegenüber dem erregenden Aetheratom; eine genaue Erklärung des Stokes'schen Gesetzes kann jedoch nur die Folge einer durchgeführten Theorie der Fluorescenz überhaupt seyn; und da wir diese noch nicht besitzen, so werden auch alle Erklärungen des Stokes'schen Gesetzes nur als vorläufige lückenhafte Hypothesen dastehen können. Alle Theorien der Fluorescenz aber, aus denen das Stokes'sche Gesetz nicht folgt, oder aus denen gar eine Abweichung vom Stokes'schen Gesetze sich ableiten läfst, können nach meiner Ansicht keinen Anspruch auf Annehmbarkeit machen.

Basel, im Januar 1872.

III. *Die glaciale Bildung der Fjorde und Alpenseen in Norwegen; von Amund Helland,*

Amanuensis am metallurg. Laboratorium zu Christiania.

I. Mächtigkeit und Ausdehnung früherer Gletscher.

Die Minimummächtigkeit der früheren Gletscher, während der glacialen Zeit, läfst sich in Norwegen aus vielen Beobachtungen beurtheilen. Der südöstliche Theil dieses Landes

stand am Ende der glacialen Zeit ungefähr 200 Meter tiefer als nun; denn die glacialen Ablagerungen von Sand und Thon, so wie auch die Bänke mit fossilen, arctischen, marinen Thieren liegen in dieser Meereshöhe ¹⁾. Aber Frictionsstreifen nach den Gletschern sind häufig am jetzigen Meeresufer des Christianiafjordes. Wir können also schliessen, daß die früheren Gletscher eine solche Mächtigkeit hatten, daß sie den Meeresboden in einer Tiefe von 200 Meter furchten und polirten.

Daß die Gletscher der glacialen Zeit am Christianiafjorde eine Mächtigkeit von über 200 Meter hatten, ist weder etwas Neues, noch Unerwartetes, aber es ist von Interesse, daß dieses von der ganzen Landesstrecke bis zur Insel Faerder an der Mündung des Christianiafjordes gilt; denn Faerder und die anderen Inseln hier zuäusserst am Meere sind stark gefurcht und gestreift, und es ist ferner von Interesse, daß die Gletscher, so weit in der See und in einer solchen Tiefe, so mächtig waren, daß sie die Inselchen und Holme furchen, ja denselben ihre Form geben konnten, wie es Rørdam ²⁾ mit Zeichnungen illustriert, und es Keilhau ³⁾ beschreibt, wenn er sagt:

Am meisten instructiv sind die Scheren und Holme in den hiesigen Fjorden. Denkt man sich ein Ei, mit dem spitzeren Ende gegen Norden gewendet, und daß sein stumpfes Ende etwas abgeschlagen ist, sammt daß es mit etwas mehr als der Hälfte in Wasser niedergesenkt ist, so hat man in dem Theile, der über dem Wasser liegt, ein genaues Bild vieler dieser Scheren. Der abgerundete Theil der Oberfläche, nämlich die Nordspitze, der Rücken und die Flanken in Osten und Westen zeigen auf den ersten Blick eine feinere oder gröbere Politur.

Man wird in diesen eiförmigen Inseln Keilhau's die *roches moutonnées* der Franzosen wiederkennen. Später werde ich erwähnen, daß die Gletscher um eine Insel

1) Kjerulf, Zeitschrift der deutsch geol. Gesellschaft Bd. XV (1863).

2) Hürbye, *Les phénomènes d'érosion en Norvège*.

3) *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne I.*

wie Faerder zu erreichen, ein Bassin von 433 Meter Tiefe passiren oder ausfüllen mußten, denn eine solche Tiefe hat der Christianiafjord nördlich von Faerder.

Andere Beobachtungen erzählen von mächtigen Gletschern. Prof. Sexe ¹⁾ erwähnt längs dem Ufer des Sörfjordes in Hardanger Frictionsstreifen, welche in einer Höhe von 480 Meter liegen. Das Land am Sörfjorde lag, wie die Terrassen zeigen, während der glacialen Zeit 100 Meter tiefer. Der Sörfjord hat nun unter der Stelle, wo die Frictionsstreifen beobachtet wurden, eine Tiefe von 380 Meter. Die Tiefe des Sörfjordes war also am Ende der glacialen Zeit 100 Meter größer oder 480 Meter, und die Gletscher reichten bis zu 380 Meter über dem damaligen Meere. Wir können einsehen, daß die Gletscher hier den Boden des Sörfjordes gefurcht haben; denn ein Gletscher von 380 Meter Mächtigkeit über dem Meere kann eine neunmal so große Eismasse unter dem Wasser halten, und da die Tiefe des Sörfjordes nur 480 Meter war, so hat ein beträchtlicher Theil des Gewichtes des Gletschers auf dem Boden des Fjordes geruht und dieser wurde von den Steinen unter dem Gletscher gefurcht.

Keilhau ²⁾ hat im Aurlandsfjord in Sogn Frictionsstreifen hoch oben an den Felsen, so wie auch am Ufer des Fjordes gesehen, so daß die Fjorde, sagt Hörbye, ganz von den erratischen Massen gefüllt waren. Aber die erratischen Massen Keilhau's und Hörbye's sind die Gletscher. Die größte Tiefe des Aurlandsfjordes, ehe er sich mit dem Sognefjorde vereinigt, ist 467 Meter; die Felsen am Aurlandsfjorde haben eine Höhe von 1400 Meter und darüber, so daß der Gletscher, um den Aurlandsfjord zu füllen, eine Mächtigkeit von 1800 bis 2000 Meter gehabt haben muß.

Am Svartevand zwischen Aurlandsfjord und Ulevassbotten sahen Keilhau und Hörbye Frictionsstreifen in einer Höhe von 1520 Meter. Diese Beobachtung zeigt,

1) *Maerker efter en Istid*. Universitätsprogramm 1866.

2) Hörbye l. c.

daß nicht Gipfel anderthalbtausend Meter hoch aus dem Gletschermeere emporragten.

Erratische Blöcke auf dem Gipfel hoher Gebirge sind in Norwegen nicht selten. Da das Meer nicht bis zu den Gipfeln dieser Gebirge gereicht hat, so sind die Blöcke nicht von schwimmenden Eisbergen hieher geführt worden. Wir kennen nur die Gletscher als Träger solcher Steine.

Keilhau¹⁾ hat einen erratischen Block auf dem Gipfel des Suletindes gefunden; der Suletind ist aber 1806 Meter hoch. Dieser erratische Block muß auf der Oberfläche eines großen Gletschers von andern höheren Gebirgen, aus einem anderen Gesteine bestehend, geführt worden seyn. Suletind ist einer der höchsten Gipfel des Fillefjelds, und das Vorkommen eines fremden Blockes hier giebt einen Fingerzeig, daß die Mächtigkeit der Gletscher bis an, ja über Gipfel wie Suletind gereicht hat, und es war Bewegung in dieser ungeheuren Eismasse von Gipfel zu Gipfel.

Diese Beobachtung Keilhau's kann mit vielen andern aus verschiedenen Gegenden Norwegens ergänzt werden. Auf Rjüvenfjeld²⁾, 1413 Meter ü. d. M., liegt ein mannshoher abgerundeter Block, ebenso auf Guslipiggen (1007 Meter).

Kleine Serpentinblöcke liegen auf dem südlichen Abhange des Sölen in Rendalen, einige hundert Fuß unter dem Gipfel. Sölen hat eine Höhe von 1788 Meter und die Serpentinkeuppen liegen (Tronfjeld, dessen Gipfel aus Serpentin und Gabbro besteht, ausgenommen) bedeutend niedriger. Tronfjeld dagegen ist 1744 Meter hoch. Diese Blöcke auf Sölen machen es wahrscheinlich, daß sich von Tronfjeld bis Sölenfjeld ein ungeheures Eisfeld erstreckte, das gegen 2000 Meter über dem Meere lag. Die Frictionsstreifen fehlen auch nicht auf den Gipfeln hoher Gebirge. Diese können aber das Werk lokaler Gletscher

1) Hörbye l. c.

2) Keilhau, *Nyt Magazin for Naturvidenskab. II.*

seyn und können so keine sichere Beurtheilungen für die Mächtigkeit der Gletscher abgeben.

Ich werde die Beobachtungen auf den äußersten, im Meere liegenden Inseln studiren, um zu sehen, ob die Gletscher bis an die äußersten Scheren gegangen sind, und ob sie die großen und tiefen Fjorde bis an die Mündung gefüllt haben, so daß die Inseln hier gefurcht und gestreift sind.

Faerder und die andern Inseln an der Mündung des Christianiafjordes habe ich schon angeführt.

Die Inselgruppe Sülenoerne, die zuäusserst am Sognefjord liegen, sind gestreift und tragen deutliche Kennzeichen, daß ein kräftiger Gletscher sich durch die Sunde an der Mündung des Sognefjords gedrängt hat. Forbes ¹⁾ sagt von den Felsen und Inseln hier, daß sie in einem übertriebenen Grade die Form der *roches moutonnées* darstellen. Schon vor einem halben Jahrhundert sind diese Verhältnisse von Prof. Esmark beobachtet worden. Er sagt, daß die Gerölle des Conglomerates bei Stensund aussehen, als ob sie mit einem scharfen Messer quer überschritten seyen. Er erklärt dieses durch die Annahme, daß große Eismassen sich durch den Sund pressten und die Felsenwände am Sund abschliffen.

Sehr Interessant ist die kleine Insel Grip, die $1\frac{1}{2}$ norwegische Meilen im Meere westlich von Christiansund liegt. Sie ist niedrig, isolirt, fern von anderen Inseln und dem festen Lande. Sie ist stark gefurcht und mit Streifen und Ritzen ²⁾ bedeckt. Hörbye erwähnt Frictionsstreifen auf vielen Inseln. So bildet Stensoe, die an der nordöstlichen Seite der Insel Smölen liegt, eine einzige große Stofsseite. Also dasselbe Phänomen wie auf den Inseln im Christianiafjorde. Die Gletscher haben zuäusserst am Meere ganze Inseln gebildet.

Die Frictionsstreifen auf den genannten Inseln sind recht instructiv, wenn man sich der Tiefe der Fjorde, an

1) Forbes *Norway and its glaciers.*

2) Hörbye *l. c.*

deren Mündung die Inseln liegen, erinnert. Innerhalb Faerder ist, wie früher erwähnt, der Christianiafjord 433^m tief. Die Varaldsö, die mitten in dem Hardangerfjorde liegt, ist stark gefurcht auf der Seite, die sich gegen den inneren Theil des Fjordes wendet, aber die größte Tiefe des Fjordes in diesem inneren Theile ist 790 Meter. Ausgezeichnete Beweise der Wirkung der Gletscher zeigen, wie wir sahen, die Sülenöer; der Sognefjord hat aber auf einer Strecke von 5 norwegischen Meilen eine Tiefe von über 1200 Meter; seine größte Tiefe ist 1244 Meter. Dieses ist die größte mir bekannte Tiefe an der norwegischen Küste ²⁾).

Es scheint mir, daß Beweise vorliegen, daß der Sognefjord von dem Boden bis zu hoch an den Felsen am Ufer von einem mächtigen Gletscher gefüllt war. Der Gletscher des Sognefjordes hat seine Zuflüsse von weit ausgedehnten Gebirgen genommen. Der Fjord liegt mit seinen Armen an dem Fuße hoher und wilder Felsen. Die Thäler des *Aardals* und *Lysterfjords* gehen zwischen dem *Jotunfjelde* hinauf und ihre südlichen Arme strecken sich auch zwischen mächtigen Gebirgen hinein, so hier Eis dem Meere zuzuführen war. Die Gletscher gingen an dem Gipfel des Suletindes 1806 Meter hinauf. Der Aurlandsfjord war mit einer Eismasse 1800 bis 2000 Meter mächtig ganz erfüllt, und dies war nur einer von den vielen Zuflüssen des großen Gletscherstromes, und endlich sind die Sülenöer, die doch eine Höhe von 564 Meter haben, ausgezeichnete *roches moutonnées*. Die Gletscher, die so mächtig ins Meer gingen, haben enorme Massen von Blöcken, Steinen,

1) Ich will hier einen Irrthum, der sich in Bischof's Geologie eingeschlichen hat, berichtigen. In dem ersten Band (S. 416) seiner Geologie erwähnt Bischof einer Meerestiefe von 7200 engl. Fufs im Altenfjord, indem er zu dem Werke Forbes's (*Norway and its glaciers*) hinweist. Hier ist eine Verwechselung mit der Grundlinie eines Triangelnetzes. Denn einer Grundlinie 7200 Fufs lang, keiner Meerestiefe erwähnt Forbes. Eine so bedeutende Meerestiefe ist an der norwegischen Küste nirgends beobachtet worden.

Sand und Schlamm mit sich geführt, und wir finden diese Massen wieder in den großen Meeresbänken einige Meilen außerhalb der Küste. Die Verhältnisse sind hier eigenthümlich, und sie scheinen mir Interesse in Beziehung auf die Bildung der Fjorde zu haben.

Der Meeresboden an der Küste von dem Vorgebirge Stat bis an die Insel Smölen ist in den letzten Jahren von dem geographischen Bureau genau untersucht, und große Karten über den Meeresboden sind construiert worden.

Diese Karten zeigen, daß die Fjorde als Tiefen in das Meer fortsetzen; ich werde diese Vertiefungen in dem Meeresboden unterseeische Fjorde nennen; sie setzen gewöhnlich bis 2 Meilen außerhalb der durch die großen Inseln umgebenen Küstenlinie fort. Sogar geht ein unterseeischer Fjord (Bredsundsdybet), die Fortsetzung des Storfjordes, 5 Meilen weit ins Meer. Die unterseeischen Fjorde hören plötzlich auf und sind dann gänzlich verschwunden. Wo der Meeresboden nach dem Verschwinden der unterseeischen Fjorde ruhig geworden ist, sind die Tiefenverhältnisse einigermaßen eben, und der Boden besteht aus Sand, Singel und losen Blöcken. Vor den Enden der unterseeischen Fjorde setzen sich lose Massen mehrere Meilen ins Meer in einer Tiefe von 60 bis 200 Meter fort; der Boden hebt sich zuletzt zu 160 Meter und stürzt sich so viele Meilen westlich von der Küste plötzlich bis zu 600 Meter hinab. Auf der Stelle, wo sich diese losen Massen bis zu 160 Meter erheben, sind sie den Fischern unter dem Namen Storeggen wohl bekannt.

Wir finden in den großen Meeresbänken die Materialien der Moränen wieder; sie liegen vor den Enden der unterseeischen Fjorde; ich betrachte sie daher theils als wirkliche Moränen, theils als Sammlungen von großen Blöcken, Sand u. s. w., welche die Gletscher in großer Menge auf der Stelle, wo sie aufhörten, hinterließen.

Die Beobachtungen, deren ich erwähnt habe, beweisen die Existenz mächtiger Gletscher während der glacialen

Zeit, und ich meine, daß ich nicht übertreibe, wenn ich sage, daß mancher Gletscher, der sich durch die Thäler drängte, eine Mächtigkeit von 1200 Meter hatte. Gletscher mit einem Druck von mehreren tausend Kilogrammen pro Quadratmeter gingen über den Felsenboden nicht einmal, sondern vielleicht durch Jahrtausende mit Geröllen und Sand furchend. Wir müssen uns an die Fjorde, Thäler und Alpenseen, diese alten Heerstraßen der Gletscher, mit der Frage wenden, ob es die Gletscher seyen, die sie ausgefurcht haben.

II. Die Fjorde und Alpenseen sind nicht Spalten.

Ich werde untersuchen, ob eine andere Bildung der norwegischen Fjorde und Alpenseen als die glaciale wahrscheinlich sey.

Wer in Norwegen gewesen ist und davon einen Begriff hat, wie viele Seen und Fjorde sich in diesem Lande befinden, wird kaum behaupten, daß alle diese Bassins ein Produkt localer Senkungen seyen. Daß jedoch vielleicht irgend ein See in Norwegen durch eine locale Senkung gebildet worden, ist wohl möglich.

Keiner der Fjorde oder Alpenseen liegt in synklinalen Schichtenstellungen. Ich kenne keinen einzigen See oder Fjord in Norwegen, der einem solchen geognostischen Verhältnisse seine Existenz verdankte.

Die Fjorde und Seen sind nicht von dem Wasser erodirt worden; denn das in den Seen stillstehende Wasser besitzt keine erodirende Kraft, und die Tiefenverhältnisse in den Fjorden zeigen hinlänglich, daß sie nicht von den Gewässern gebildet sind.

Man spricht häufig von Fjordspalten und so enge sind bisweilen die Fjorde, daß sie dem Auge Spalten zu seyn scheinen. Doch gilt dies nur von den innersten und engsten Fjordarmen, und zieht man ihre wahre Profile oder berechnet man die Neigung der Felsen am Ufer, so zeigt es sich, daß ihre gegenwärtige Form fern von der der Spalten

ist. Die Winkel von dem Meeresufer zu den Gipfeln in Hardanger und Sognefjord variiren zwischen 16 und 40°. Die Ursache, daß die Fjorde dem Beobachter unmäßige Spalten im Gebirge zu seyn scheinen, liegt darin, daß die vertikalen Abstände immer dem Auge, mit dem horizontalen verglichen, zu groß erscheinen.

Wenn die tiefen Fjorde ursprünglich Spalten wären, so müßte man erwarten, daß sie im Meere, wo die Erosion in jedem Falle am geringsten war, ihre ursprüngliche Spaltform bewahrt haben würden. Aber die unterseeischen Karten zeigen, daß die unterseeischen Fjorde sich noch mehr von der Spaltenform als die Fjorde im Lande entfernen.

Der Bergmann kennt die Spalten in den Bergen; sie verwerfen seine Erzlagerstätten; er kennt die Spalten als Gänge und Klüfte. Daß diese Spalten wirkliche Spalten sind, geht aus den Verwerfungen, die sie verursachen, hervor; solche Klüfte und Gänge sind nicht klaffend; aber die ursprüngliche Fjordspalten muß man als klaffend denken.

Spalten in Bergen, das heißt Gänge und Klüfte, verursachen Verwerfungen. Wenn die engen norwegischen Thäler, die Fjorde und Seen, große Spalten wären, so müßte man an vielen Stellen Verwerfungen finden. Aber eine Andeutung solcher Verwerfungen ist nur von dem kleinen Engersee bekannt, und der Felsenbau ist hier ganz exceptionell, und es geht auch nicht aus den Verhältnissen hier hervor, daß der See selbst eine verwerfende Spalte sey. Es mag wohl seyn, daß wer einige hundert Fjorde und Seen besuchte, den Schluß ziehen könnte, daß an irgend einer Stelle, wo jetzt ein Fjord ist, einmal eine verwerfende Spalte war, denn solche sind nicht selten, aber was ich hier hervorhebe ist, daß der geognostische Bau der Thäler und Fjorde nicht auf ein so großartiges Phänomen als ein durch Hebungen aufberstendes Land hindeutet.

Ich will an einige große Verhältnisse erinnern. Es ist eine Thatsache, daß die Länder, die ihre glaciale Zeit gehabt haben, auch ihre Fjorde und Alpenseen haben. In

Europa haben Norwegen, Schottland, Island, Spitzbergen ihre Fjorde und Zeichen einer glacialen Zeit. Dasselbe ist der Fall mit der Ostküste Amerikas bis an Maine, und mit der Westküste bis an Vancouvers Insel. Nördlich von Vancouvers Insel werden die Fjorde eben so zahlreich wie an der norwegischen Küste, sagen die amerikanischen Geologen. Von hier südlich ist die Küstenlinie einigermaßen eben bis an den 41. Grad südl. Br. in Chili; hier fangen alte glaciale Zustände und Fjorde wieder an. Daß diese Verhältnisse, so stark wie geologische Verhältnisse überhaupt sprechen können, auf eine Verbindung zwischen Fjorden und Gletschern hinweisen, ist deutlich genug, aber hier werde ich die Aufmerksamkeit darauf lenken, daß auch die Westküste Nord- und Südamerikas beweisen, daß die Fjorde nicht große Spalten sind. Längs der Westküste Amerikas geht ein langer Zug sehr hoher Gebirge, deren einige Vulkane sind, oft bestehen sie aus granitischen Gesteinen. Hier hat einmal eine großartige Hebung der Anden stattgefunden. Wenn ein Land in tausend Spalten zerfallen könnte, so müßte die ganze Westküste Amerikas zerrissen gewesen seyn; die Küste ist aber eben, bis wir zu den Ländern mit Frictionsstreifen und Moränen kommen, da finden wir die Fjorde in Norden und Süden.

III. Geographische und geologische Verhältnisse als Zeugnisse der glacialen Bildung vieler Klippenbassins.

Der intimen Connection zwischen Fjorden und alten Gletschern habe ich eben erwähnt. In Beziehung auf die Alpenseen ist die Verbindung ebenso überraschend. Norwegen, Schweden, Finnland, Schottland, die Schweiz haben ihre ausgezeichneten Alpenseen, ebenso der von früheren Gletschern bedeckte Theil Nordamerikas. Prof. Ramsey ¹⁾ schreibt: Es ist auffallend, daß in Europa und Nordamerika die Seen, wenn man nördlich kommt, so überaus zahlreich werden, daß ich zur Annahme einer intimen

1) *Journal of the geological Society. T. XVIII (1862).*

Connection zwischen ihrer Anzahl und den nördlichen Breiten, in welchen sie vorkommen, geführt worden bin.“ Er zeigt dann, wie New Hampshire, Vermont, der nördliche Theil von New York, Maine, Nova Scotia, New Brunswick, Gaspé und Newfoundland mit Seen bestreut sind. Nördlich vom St. Lorenzstrom und den großen Seen ist das ganze Land noch merklicher mit unzähligen Seen besät. Ferner erwähnt Prof. Ramsey wie diese große Landesstrecke ihre Frictionsstreifen, ihre *roches moutonnées* und ihre polirten Felsen hat. Endlich liegen fast alle diese Seen in Klippenbassins. Der Chef der geologischen Untersuchung in Canada, Sir Logan, ist nicht allein einig mit Prof. Ramsey über die glaciale Bildung der amerikanischen Seen im Allgemeinen, sondern glaubt auch, daß die großen amerikanischen Seebassins vielleicht in derselben Weise ausgescheuert worden sind, denn sie sind alle wirkliche Kippenbassins aus verhältnismäßig milden Gebirgsarten bestehend und von härteren Schichten umgeben¹⁾.

Neu Seeland hat nach Dr. Haast²⁾ Alpenseen von einer glacialen Bildung. In Norwegen liegen die Fjorde, Thäler und Seen so wie sie liegen müssen, wenn es ursprünglich hohe Gebirge mit Gruppen von Gipfeln waren von welchen die Gletscher ihre größten Eismassen holten, indem sie erodirend nach dem Meere zogen. Kein Thal oder Fjord setzt quer durch die sogenannten Langfjeld oder durch Dovrefjeld, es gehen viele Thäler von den Langfjeldern gegen Osten und viele Thäler und Fjorde von den Langfjeldern gegen Westen, aber kein Thal geht durch diese Gebirge und kein Fjord geht durch. Wer von Osten nach Westen durch Norwegen reist, der hat die drei Stufen: das östliche Thal, das Gebirge und das westliche Fjordthal zu passiren. Durch niedrige näher an der Küste liegende Gebirgssysteme setzen Fjorde und Thäler; die eigentlichen Hochgebirge (Höifjeld) sind nicht zerrissen

1) Ramsey, l. c.

2) *Journal of the geol. Society. T. XXI (1065).*

wie die Küste; keine tiefe Spalte setzt durch die centralen Partien des Felsenkörpers, aber die Gletscher haben sich grofsartige Wege an beide Seiten gebahnt.

Es giebt in Norwegen mehrere directe geologische Zeugnisse einer glacialen Bildung der Alpenseen. Ich werde zuerst die Aufmerksamkeit auf einige Beobachtungen über die aushöhlende Kraft der Gletscher hinlenken.

In einer Abhandlung *The Alps and Himalayas* berichtet Hr. Medlicott ¹⁾, dafs man einen Stollen zu dem kleinen Lungern See getrieben habe um Land aus seinem Delta zu gewinnen. Die steile emporsteigende Oberfläche lag so schön zu Tage, und sie zeigte zahlreiche, regelmäfsige, tiefe Furchen, ein unverkennbarer Beweis der hier besprochenen Wirkung der Gletscher. Viele solche Beweise dieser Wirkungsart der Gletscher finden sich unter Hörbye's Beobachtungen. Wenn ein Gletscher an ein Hindernifs wie eine aufrechtstehende Felsenpartie stöfst, so wird der untere Theil des Gletschers nicht still stehen, sondern dieser Theil wird an der Bewegung Theil nehmen, er wird den Boden so wie auch die Felsenwand scheuern. Keilhau ²⁾ sah in Siggevaag Frictionsstreifen an einer Felsenwand, die eine Neigung von 80 Graden gegen das Meer hatte; diese Streifen gehen aufwärts und haben so eine Deviation von 80° aufwärts gemacht, um die Hindernisse, die sich der Bewegung direct entgegensetzen, zu überwinden. Aehnliche Beobachtungen sind von Sexe gemacht worden, wenn er Furchen und Streifen, die von dem Thalboden hoch über entgegengesetzte Thalseiten steigen, erwähnt.

Ferner ist eine Beobachtung von Dr. Haast ³⁾ in Neu Seeland von Interesse, indem er nämlich gezeigt hat, dafs die Gletscher die grösste aushöhlende Kraft an ihrem Ende haben. Er hat die Ursache erklärt und gezeigt, dafs es jetzt mit dem Tasmanigletscher in Neu Seeland der Fall ist.

1) *Journal of the geol. society. T. XXIV* (1868).

2) Hörbye, l. c.

3) l. c.

Ich werde mich zu den Seen und Moränen in Norwegen wenden. Prof. Kjerulf¹⁾ hat gezeigt, daß sich von Moos gegen Südosten und von Horten gegen Südwesten eine lange Reihe von Moränen erstreckt; sie sind den Einwohnern unter dem Namen „Raer“ wohl bekannt. Hinter diesen Moränen von Moos gegen Südosten liegen folgende Seen: Vand Sjö, Minge Vand, Ise Vand, Tune Vand, Fem Sjöe, Roer Sjöe, Or Sjöe und mehrere kleine Seen. Man könnte glauben, daß die Ursache dieses Phänomens folgende sey. Die Moränen bilden einen hinaufstehenden Rücken, hinter dem sich das Wasser gesammelt hat, so daß sich hier keine Klippenbassins finden, indem die Moränen nur Dämme bilden. Aber das Verhältniß ist nicht dieses, denn Prof. Keilhau, der die „Raer“ nicht als Moränen kannte und keine Idee von der glacialen Bildung dieser Seen hatte, der aber doch ein lebendiges Gefühl von der Connection zwischen den Bassins und den „Raer“ hatte, schreibt: ²⁾

„Vor Allem auffallend ist das Verhältniß, in dem die einzelnen Bänke fast ohne Ausnahme zu innerhalb liegenden und immer gegen NO. (d. h. auf der von der Küstenlinie abgewandten Seite) liegenden Bassins stehen. Daß die Vand Sjö, Tune Vand u. s. w. in dem harten Gneisboden eine Suite von Bassins bilden, die auf einander von NW. bis SO. folgen, und dessen südliche Seiten fast ganz in einer Linie rechtwinklich auf dem genannten Streifen liegen, ist immer noch ein auffallendes Factum; denn diese Regelmäßigkeit ist zu groß, als daß man darin einen bloßen Zufall sehen könnte.“

Es sind also wie fast alle Seen in Norwegen wirkliche Klippenbassins, und daß Keilhau Recht hat, wenn er sagt, daß diese Regelmäßigkeit zu groß ist um ein bloßer Zufall zu seyn, wird man erkennen, wenn man hört, daß dieses Verhältniß, die Klippenbassins hinter den Moränen, gar nicht exceptionell oder isolirt ist. Verfolgt man die

1) Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, Bd. XV (1863).

2) *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne I.*

Moränen von Horten¹⁾ gegen SW., so findet man auch hinter diesen Klippenbassins und zwar folgende Seen: Borre Vand, Gog Vand, Farris Sjö, Halle Vand. Weiter gehen die Moränen in die See, aber sie kommen wieder herauf in der Insel Jomfruland. Diese Insel besteht fast ganz aus Geröllen und erratischen Massen; sie ist die alte lange wieder herauftauchende Endmoräne. Was früher hinter den Moränen als Seen lag, liegt nun hinter dieser Insel und den unterseeischen Bänken als Fjorde. Der Frierfjord liegt hinter der Moräne, wo sie in die See geht; Kielefjord und Fosingfjord sind Klippenbassins hinter der Moräne auf Jomfruland.

Südwestlich von Jomfruland setzen die Moränen als unterseeische Bänke mit hinterliegenden Klippenbassins, Fjorden, fort. Aber das Studium dieser Verhältnisse muß dahinstehen, bis auch dieser Theil der Küste mit dem Meeresboden genau untersucht worden ist. Meine Auffassung dieser Verhältnisse ist folgende. Die Moränen zeigen: von hieran gingen in einem Abschnitte der glacialen Zeit die Gletscher. Die Seen, die Klippenbassins, erzählen dasselbe. Hierauf höhlten die Gletscher aus. Es liegen nicht zufälliger Weise so viele Seen nach derselben Linie; die Gletscher gehen nicht zufälliger Weise bis an diese Linie. Es ist kein Zufall, daß die Länge dieser Seen auf der Linie der Moränen senkrecht steht.

Oft finden wir dieses Verhältniß: Klippenbassins hinter den Moränen, wieder. In der Richtung von Westen gegen Osten von Dröback liegt eine Reihe von Moränen; diese Moränen haben hinter sich folgende Seen von Osten gegen Westen: Ojeren, Lyseren, Mier Vand, Ski Vand, Gjersjoen und einen Fjord, den Bundefjord südlich von Christiania. Zu den Tiefenverhältnissen in dem Christiania- und Drammensfjorde werde ich später zurückkommen. Hier werde ich nur andeuten, daß man an dem Drammensfjorde bei Svelvik eine Moräne, auf derselben Linie liegend,

1) Siehe Kjerulf und Dahel: *Geologisk Kart over det sondenfjeldske Norge*.

wiederfindet, und daß der Drammensfjord nördlich von oder innerhalb dieser Moräne eine sehr viel größere Tiefe als südlicher hat.

In der nächsten Umgegend Christianias liegen drei kleine Seen, Sognsvand, Bogstadvand und Maridalsvand, in einer Linie jeder mit seiner Moräne.

Häufig liegen Terrassen vor den Enden tiefer Seen. Eben vor dem Ende des Sees, wo das Wasser seinen Auslauf hat, sollte man keine Terrassen zu finden glauben; denn erst wenn der See mit Detritus erfüllt war, konnten sich lose Massen vor das Ende des Sees legen.

Prof. Sexe erklärt dieses Verhältniß in einer Arbeit über die glacialen Bildungen am Hardangerfjorde folgendermaßen: „Die Terrassen, deren meiste sich an Moränen anschließen, können nicht, während ein einigermaßen mächtiger Gletscher sich durch den Hardangerfjord hinausschob, gebildet seyn; denn ein tiefgehender Eisstrom mußte dieses verhindern. Es ist auch nicht wahrscheinlich, daß sie gebildet wurden, während die Gletscher der Thäler sich von dem Meere lang zurückgezogen hatten; denn da mußten die oberhalb der Terrassen liegenden Seen mit Detritus, Schlamm, Sand, Kies und Stein gefüllt worden seyn. Das wahrscheinliche ist daher, daß die Terrassen zu der Zeit, da die Gletscher der Thäler noch bis zum untersten Ende dieser Seen reichten und so noch ihr Becken ausfüllten, gebildet wurden¹⁾“.

Also, wo wir Terrassen am Ausflusse eines Sees finden, da zeigen uns dieselben, wie die Moränen, die Gränze des Gletschers. Die Terrassen wurden vor dem Ende des Gletschers, der den See füllte, gebildet. Dieses stimmt damit überein, daß glaciale Bänke, Moränen, häufig in den Terrassen verborgen sind.

Vor dem Ausflusse vieler großer Seen in Norwegen liegen Terrassen. Vor dem Ende des großen Sees Mjøsen liegen Sandebenen in Romerike. Die großen Seen Randsfjord, Kröderen, Spirillen, Sonoren, haben alle ihre großen

1) Sexe, *Marker efter en Istid. Universitetsprogram for 1866.*

Terrassen vor dem Ende ¹⁾. Vor dem See Hurdalsvand liegt eine Moräne.

Leider sind es nur wenige Seen in Norwegen, deren Tiefen bekannt sind; unter diesen ist der Mjösen der tiefste, er hat eine Maximaltiefe von 452 Meter, und sein tiefster Punkt liegt 331 Meter unter der Meeresfläche. Mehrere Ursachen haben wahrscheinlich gewirkt, um ein so tiefes Klippenbassin wie Mjösen zu bilden. Verfolgt man den Fluß Laagen durch Gudbrandsdalen, so sieht man wie er seine Zuflüsse von dem wildesten und höchsten Gebirge genommen hat, und die Wege der Gletscher waren im Großen dieselben, wie die der jetzigen Flüsse. Mächtige Gletscher sind also von Rondane, von den Gebirgen in Lesje, und durch Espedalen von den Jotunfjelden gekommen. Am nördlichen Ende des Mjösen hatten sich diese Gletscher gesammelt, hier konnten sie am kräftigsten arbeiten, und das Meer nahm keinen großen Theil ihrer Arbeitskraft, wie der Fall länger südlich war; ferner blieben die Gletscher länger hier als an den südlicheren Seen. Trotz der großen Tiefe des Mjösen betrachte ich daher seine glaciale Bildung als ebenso unzweifelhaft wie die der kleinen südlicheren Seen bei den Moränen.

Die größten Tiefen folgender drei norwegischer Seen sind:

	Größte Tiefe.	Meereshöhe.	Tiefe unter der Meeresfläche.
Mjösen	452 Meter	121 Meter	331 Meter
Storsjøen in Rendalen	301 -	257 -	44 -
Tyrfjord	281 -	63 -	218 -

Von den großen Seen in Italien und der Schweiz sind es nur der Lago Maggiore und der Lago di Como, die größere Tiefen als der Mjösen haben; von den anderen Seen haben nur der Zuger- und Genfersee eine größere Tiefe als Storsjøen.

Es ist im westlichen Theile Norwegens ein sehr häufiges Phänomen, daß es am inneren Ende der Fjord-

¹⁾ Kjerulf, *Om Skuringsmärker*. Universitetsprogram 1870.

arme bis zu ungefähr 100 Meter über dem Meere kleine Seen als Klippenbassins mit Moränen oder Terrassen am Ausflusse liegen. Solcher Seen finden sich viele zum Beispiele in Hardanger und Sogn. Diese Seen sind nicht durch die Moränen als Dämme gebildet, sondern sie sind wirkliche Klippenbassins, denn aus den Seen, die ich gesehen habe, läuft das Wasser im festen Gesteine hinaus. Auch nicht diese Seen mit Moränen und Terrassen in den inneren Theilen der Fjorde können als bloße Zufälligkeiten betrachtet werden, denn das Phänomen wiederholt sich vielmal in den Thälern der Fjorde. Das Verhältniß ist dasselbe wie bei den Seen an den „Raer“. Die Gletscher sind in dem letzten Abschnitte der glacialen Zeit bis an die Stelle, wo jetzt die Terrassen oder Moränen liegen, gegangen. Hier sind sie während der Zeit, die zum Aushöhlen dieser Seen nöthig war, geblieben.

Zoologische Verhältnisse beweisen auch, daß die Gletscher längere Zeit in den Fjorden verweilt haben. Hr. G. O. Sars ¹⁾ hat gezeigt, daß Lofoten, der Hardangerfjord und der Christianiafjord arctische Thiere gemein haben, die an der langen Küstenlinie jetzt nicht vorkommen, die in der glacialen Zeit aber auch an der Küste lebten. Dieses Verhältniß, Fjorde mit einer veralteten arctischen Fauna scheint darauf hinzudeuten, daß die arctischen Zustände sich lange in den Fjorden gehalten haben, so daß die Thiere sich allmählich an die neuen Zustände der Dinge gewöhnen konnten. Auch haben die Fjorde jetzt, wie es Sars zeigt, gewisse Aehnlichkeiten mit dem arctischen Meere. Daß der Uebergang zu den jetzigen Zuständen an der Küste ziemlich plötzlich war, stimmt mit geologischen Verhältnissen überein. Die unterseeischen Fjordstufen außerhalb der Küste sind rein und frei von Bänken. Wenn der Uebergang hier an der Küste allmählich geschehen wäre, so würden diese Tiefen von glacialen Massen, Geröllen u. s. w. gefüllt worden seyn, oder es

1) *Christiania, Videnskab. Selskabs Förhandlingar* 1871.

würde wenigstens die eine glaciale Bank nach der anderen als Moräne in diesen Tiefen liegen, was nicht der Fall ist.

Im inneren Theile des Sognefjordes haben von der Mündung an sich dagegen die Gletscher stufenweise zurückgezogen, denn nach Hr. de Seue ¹⁾ finden sich glaciale Bänke an einigen Stellen quer über dem Boden des Sognefjordes.

Der geognostische Bau Norwegens und die Existenz tiefer Alpanseen giebt zu folgenden Betrachtungen Anlaß. Es fehlen im südlichen Norwegen alle Formationen von Devon an bis zu den glacialen Bildungen. Wenn die Alpanseen Norwegens sehr alt, älter als die glaciale Zeit wären, also in Verbindung mit der ersten Bildung des Landes ständen, so müßten sie am Anfange der glacialen Zeit von Detritus gefüllt gewesen seyn. Aber in Norwegen sind keine praeglacialen Süßwasserbildungen bekannt, und in den vielen Geröllen, die von den Gletschern umhergetragen wurden, ist keine Andeutung solcher gefunden. Wer die Seen und die Fjorde daher als sehr alt betrachtet, der muß annehmen, daß sie zuerst gefüllt, dann von den Gletschern während der glacialen Zeit gereinigt worden seyen. Zu einem solchen Resultate ist de Mortillet in der Schweiz gekommen, von der praeglacialen Existenz der Alpanseen ausgehend.

Das Verhältniß ist jedoch dieses: Die Gebirge in Norwegen sind sehr alt, aber die Fjorde und Alpanseen sind jung, nicht älter als die glaciale Zeit, während dieser ausgehöhlt, daher sind sie so rein und tief. Wären sie älter, so müßten sie gefüllt und wieder gereinigt worden seyn, aber zu einer solchen Annahme giebt Nichts Anlaß.

IV. Tiefenverhältnisse als Zeugnisse der glacialen Bildung der Fjorde.

In seiner Arbeit über die glacialen Phänomene in Hardanger schreibt Prof. Sexe ²⁾.

1) *Le névé de Justedal. Universitetsprogram for 1870.*

2) *Maerker efter en Istid.*

„Nachdem, was ich oben gesagt habe, namentlich von der Höhe der Frictionsstreifen, welche der Gletscher, der durch den Hardangerfjord hinausging, hinterlassen hat, welche Höhe zu der Annahme einer ungeheuren Mächtigkeit des Gletschers führt, darf es auch eine Frage seyn, ob er nicht auf dem Boden des Fjordes hinabschurte, was vielleicht erklären könnte, daß der Fjord, mit der Nordsee verglichen, eine so bedeutende Tiefe hat.“

Die Tiefen der Fjorde in Norwegen sind im Ganzen groß; die Tiefe der Nordsee geht nur selten über 100 Meter; und viele nicht sehr große Fjorde in Norwegen haben oft eine Tiefe von 600 Meter. Der Boden des Sognefjordes liegt auf einer längeren Strecke 13 Mal tiefer als der der Nordsee. Durch die Annahme, daß die Gletscher die Fjorde ausgehöhlt haben, wird dieses auffallende Phänomen begreiflich. Die Wirkung der Gletscher ist zweifach: erstens die Fjorde und die Tiefen an der Küste auszuhöhlen, und demnächst die Nordsee untiefer zu machen. Die erste Arbeit wurde von den Gletschern ausgerichtet, die andere besorgten die Eisberge und die Gewässer im Meere.

Viele Tiefenverhältnisse in den Fjorden werden durch die glaciale Bildung dieser verständlich. Hr. de Seue schreibt in seiner Arbeit über die Justedalsbrae¹⁾.

„Es ist sehr merkwürdig, daß die Tiefe des Sognefjordes außerhalb Balestrand und Vik so bedeutend, ungefähr 200 Meter, zunimmt. Es ist diese Stelle, wo die Eisströme von dem inneren Sogn sich mit den Eisströmen von Fjaerland und Vik vereinigt haben, so daß die Mächtigkeit des Gletschers eben an dieser Stelle außerordentlich zunehmen mußte, denn die Breite des Fjordes nimmt nur wenig zu.

Was hier von einer einzelnen Stelle gesagt wird, scheint im Ganzen eine Regel im inneren Theile mehrerer Fjorde zu seyn, wenn sich zwei Fjordarme vereinigen, wie es folgende Tiefen in dem Sogne- und Hardangerfjorde zeigen.

1) l. c.

Tiefen des Sognefjordes.

Im innersten Theil (Lijsterfjord)	344 Meter
Wo der Fjord sich mit Gaupnefjord vereinigt	369 "
" " " " " Aardalsfjord " "	642 "
" " " " " Lardalsfjord " "	930 "
" " " " " Aurlands	
und Narøfjord " "	962 "
" " " " " Sogndalsfjord " "	1011 "
" " " " " Fjarlandsfjord " "	1199 "
" " " " " mehreren kleinen	
Fjorden " "	1244 "

Tiefen des Hardangerfjordes.

Im innersten Theile (Oifjord)	423 Meter
Wo sich der Fjord mit Osefjord vereinigt	470 "
" " " " " dem grofsen	
Sørfjorde " "	697 "
" " " " " Gravensfjord " "	791 "

Wo Gletscher, mächtige wie die alten Gletscher in den Fjorden, sich vereinigen, da nimmt die erodirende Kraft zu. Dies scheint mir die einfachste Erklärung dieser Verhältnisse zu seyn. Man muß übrigens bei dem Studium dieser Tiefenverhältnisse nicht zu viel ins Detail gehen; man muß erinnern, daß es andere Umstände als die Mächtigkeit der Gletscher giebt, die Einfluß haben auf die Tiefe, welche die Gletscher beim Erödiern erreichten.

Näher am Meere, jedoch ehe sie das Meer erreichen, werden der Sogne- und Hardangerfjord weniger tief. Die Zuflüsse der Gletscher von den Gebirgen nehmen hier ab, das Wasser hat große Mengen von Eis verzehrt, und endlich scheinen die quer über dem Sognefjorde liegenden Moränen darauf hinzuzeigen, daß der innere Theil des Fjordes während einer längeren Zeit von den Gletschern gescheuert worden ist. Vielleicht ist dies alles die Ursache des auffallenden Phänomens, daß die großen Fjorde näher am Meere seichter werden. So hat der Hardangerfjord nahe an der Mündung nur eine Tiefe von 301 Meter.

Keine der bekannten unterseeischen Fjordtiefen übersteigt 346 Meter und, wie erwähnt, sind Tiefen von 600 Meter keine Seltenheiten in den Fjorden an der westlichen Küste Norwegens. Die Ursache dieses Phänomens ist wahrscheinlich auch die geringere erodirende Kraft der Gletscher fern von ihren Zuflüssen. Die unterseeischen Fjorde enden plötzlich, nicht dem Anscheine nach etwa dadurch, daß eine große Moräne die Tiefe abspernte; vielmehr ist durch die unterseeischen Karten unzweifelhaft, daß es der Meeresboden ist, der sich am Ende der unterseeischen Fjorde hebt. Dies stimmt mit der glacialen Bildung der Fjorde überein. Es wird sich eine große Tiefe bilden, da, wo der Gletscher stand. Vor dem Gletscher wird der Boden seine ursprüngliche Form behalten.

Wer die Fjorde für älter als die glaciäre Zeit ansieht, aber die Meeresbänke als glaciäre Bildungen erkennt, der muß ein wunderbares Spiel von Zufälligkeiten voraussetzen, indem die mächtigen Meeresbänke eben da auftreten, wo die unterseeischen Fjorde enden. Es ist doch zu erwarten, daß dieser oder jener Gletscher nicht gerade bis zum Ende der Tiefe reichte, und da würde diese unzweifelhaft von Detritus gefüllt worden seyn.

Die Tiefenverhältnisse in dem Christiania- und Drammensfjorde sind sehr interessant. Der Drammensfjord ist in seinem südlichen Theile nicht tief, ungefähr 36 Meter. Bei Svelviken setzt eine große Moräne quer über den Fjord, und dieser hat hier nur eine Tiefe von 5 Meter. Aber im inneren Theil hat der Fjord eine Tiefe von 124 Meter. Am inneren Theile des Christianiafjordes geht, wie früher erwähnt, eine Reihe von Moränen von Dröbak gegen Osten, und innerhalb oder nördlich von Dröbak ist dieser Fjord 133 Meter tief. Endlich geht parallel mit dem Drammensfjorde und Christianiafjorde der Bundefjord, der gegen Süden keinen Ausweg hat, 166 Meter tief ist und vor dem südlichen Ende dieses Fjordes liegt eine Moräne bei Froen.

Wir haben hier drei Arbeiten von den Gletschern

zu derselben Zeit ausgeführt. Das Aushöhlen dieser drei Klippenbassins war die letzte Arbeit der Gletscher im Christianiafjorde; denn diese drei Klippenbassins entsprechen den Standpunkten der Gletscher in einem Abschnitte der glacialen Zeit; diese Standpunkte sind durch die Moränen angegeben.

Diese Bassins in den Fjorden entsprechen Alpanseen in derselben Linie liegend, mit Moränen am Ende; also zu derselben Zeit unter denselben glacialen Zuständen gebildet. Diese Alpanseen habe ich schon früher genannt: Giersjö, Mier Vand u. s. w. Diese Verhältnisse zeigen, daß die Bildung der Fjorde und Alpanseen identisch ist. Es liegen zuerst hinter der Reihe der Moränen einige kleine Seen, deren glaciale Bildung evident ist; in derselben Linie liegt ein so großer See wie Ojeren; seine Bildung muß dieselbe seyn. Wir kommen nächst an ein Bassin, den Drammensfjord, der ein Mittelding zwischen einem Fjord und einem Alpanseesee ist; sein Wasser ist brack, er ist nur durch einen seichten Canal, der häufig gereinigt werden muß, um nicht gefüllt zu werden, mit dem Meere verbunden; die Thiere, die dieses Bassin bewohnen, sind nach G. O. Sars¹⁾ in der Tiefe arctisch, marin, Ueberreste, welche die glaciale Zeit überlebten; aber im oberen Theile des Bassins findet sich eine vollständige Süßwasserfauna, doch sind auch hier ursprünglich marine Thiere, die sich an das süße Wasser gewöhnt haben, gleich wie sich auch in dem alten Fjorde, dem jetzigen Alpanseesee Mjösen, eine kleine ursprüngliche marine Fauna findet. Es ist klar, die Bildung des Drammensfjord ist identisch mit der der Alpanseen, aber die Bildung des Drammensfjord und des Christianiafjord muß dieselbe seyn. Wir werden von den kleinen Seen zu den großen Meeresfjorden geführt.

Daß ein Land wie Norwegen, das wesentlich aus krystallinisch-schiefrigen und granitischen Gesteinen besteht,

1) *Nyt Magazin for Naturvidenskab. XVI.*

ursprünglich eine andere Oberfläche gehabt hat, ist wohl gewiss. Dieses Land scheint seit der devonischen Zeit über dem Meere gelegen zu haben, und daß die Gewässer während dieser langen Zeit die ursprünglichen Vertiefungen tiefer gemacht und sehr bedeutende Thäler gebildet haben, ist wohl auch gewiß. Wie tief diese Thäler am Anfange der glacialen Zeit waren, davon wissen wir nichts. Aber diese Thäler und Vertiefungen haben die Wege der Gletscher bestimmt, und sie haben den Gletschern den Plan gemacht; denn die Wege der Gletscher wurden in den meisten Fällen die Wege der Flüsse.

Ich werde die Beweise der glacialen Bildung der Alpenseen und Fjorde resumiren.

1) Die Mächtigkeit der Gletscher in Norwegen während der glacialen Zeit war sehr groß.

2) Der innige geographische Zusammenhang zwischen Fjorden und Alpenseen und glacialen Bildungen ist keine Zufälligkeit.

3) Die Lage der Alpenseen hinter den Moränen und hinter Terrassen mit Moränen, Phänomene, die sich in Norwegen vielfach wiederholen, ist kein sonderbares Spiel der Natur.

4) Der Mangel an praeglacialen Süßwasserbildungen scheint für die glaciäre Bildung der Seen zu sprechen.

5) Die Tiefe der Fjorde ist größer als die Tiefe der Nordsee, was ein Resultat der aushöhlenden Arbeit der Gletscher und der ausfüllenden Arbeit der Eisberge ist.

6) Wenn sich zwei Fjorde vereinigen, so wird der Fjord tiefer, denn die Mächtigkeit und mit dieser die aushöhlende Kraft der Gletscher wurde größer.

7) Die Tiefen der unterseeischen Fjorde im Meere sind nicht so groß wie die Tiefen der Fjorde im Lande, denn die erodirende Kraft ist im Meere verringert.

8) Die unterseeischen Fjorde endigen plötzlich, denn die Gletscher endigten plötzlich.

9) Die unterseeischen Fjorde, Aushöhlungen im Meeresboden endigen eben wo die glacialen Bänke anfangen.

Die Gletscher gingen nicht zufälligerweise eben an das Ende der unterseeischen Fjorde.

10) Die Moränen am Christianiafjorde zeigen, daß die Gletscher sich in einem Abschnitte der glacialen Zeit auf einem gewissen Standpunkte gehalten haben, und dieser Standpunkt correspondirt mit innerhalb liegenden tiefen Bassins.

11) Die Fjorde und Seen liegen in den Wegen der Gletscher und sie liegen so, wie es ihre glaciale Bildung fordert.

12) Die Fjorde an der westlichen Küste Norwegens sind tiefer als an der südlichen Küste, denn die Gletscher waren hier näher an ihren Zuflüssen in den hohen Gebirgen, wurden daher auf dem Wege nicht entkräftet, und die Neigung gegen das Meer ist hier groß, und die Geschwindigkeit und die Erosion daher größer. Ferner ist ein Fjord wie der Sognefjord tiefer als der Hardangerfjord, weil der Gletscher im Sognefjord seine Zuflüsse von höheren und weitläufigeren Gebirgen erhielt.

Ich habe, wo ich der Mächtigkeit der Gletscher erwähnte, vorausgesetzt, die Fjorde hätten während der ganzen glacialen Zeit existirt. Da die Fjorde von den Gletschern erodirt worden sind, so sind die hoch über dem Meere an den Ufern der Fjorde liegenden Frictionsstreifen vielleicht in einem frühern Abschnitte der glacialen Zeit gebildet, während noch ein großer Theil des Fjordes nicht erodirt war, und die Mächtigkeit der Gletscher in den Fjorden war daher vielleicht nicht ganz so groß, wie diese Frictionsstreifen anzeigen; aber dies ist gewissermaßen gleichgültig, denn die Gegner der Theorie müssen die früher genannten Mächtigkeiten annehmen. Ferner bin ich von der Voraussetzung ausgegangen, daß das Land während der ganzen glacialen Zeit so tief lag wie es die Terrassen und die Bänke mit arctischen Fossilien anzeigen. Vielleicht hat Norwegen in einem Abschnitte der glacialen

Zeit viel höher gelegen; aber auch dies ist gewissermaßen gleichgültig. Denn wer nicht glaubt, daß die Gletscher auch im Meere ausfurchen können, der muß eine höhere Lage Norwegens während der glacialen Zeit annehmen. So glaubt Prof. Dana, indem er von der glacialen Bildung der Fjorde ausgeht, daß die Länder mit Fjorden während der glacialen Zeit höher lagen. Eine solche Annahme ist aber nicht nöthig, denn die Gletscher können auch unter dem Meere scheuern, wenn sie mächtig genug sind. Hier werde ich jedoch die Aufmerksamkeit darauf lenken, daß das Weltmeer in der glacialen Zeit wahrscheinlich niedriger stand. Wenn Norwegen von einer Eismasse von ungefähr 1200 Meter Mächtigkeit bedeckt war, so mußte das Weltmeer dadurch 1 Meter sinken, und wenn die glacialen Zustände über große Landstrecken gleichzeitig waren und also große Massen von Wasser aus dem Weltmeere genommen wurden, so mußte eine nicht unbedeutende Senkung desselben stattfinden.

IV. Ueber einen merkwürdigen Lavablock, ausgeschleudert vom Vesuv bei der großen Eruption im April 1872; von G. vom Rath in Bonn.

Allen Mineralogen sind die mineralreichen Aggregate, die sogenannten Auswürflinge, bekannt, welche in den Tuffschichten des Monte di Somma gefunden werden. Die Mehrzahl dieser herrlichen Mineralaggregate werden von dem heutigen Vesuv nicht mehr ausgeworfen. Wohl aber finden sich auch jetzt unter seinen feurigen Projektilen Stücke älterer Lava, charakterisirt durch größere Leucitkrystalle, als die neueren Lavaströme und Schlaken darbieten. Die Untersuchung solcher Blöcke hat, wenn dieselben neugebil-

dete Mineralien erkennen lassen, ein hohes geologisches Interesse. Zwar kann auch die gewöhnliche Lava mit ihrem vielartigen Mineralgemenge, mit ihren, zuweilen die Poren bekleidenden feinen Krystallen nicht das Product einer einfachen Erstarrung seyn. Ein Theil der in der erstarrten Lava ausgeschiedenen Krystallkörner war vielmehr schon schwimmend im Strome vorhanden, ein anderer Theil krystallisirte aus der feurigflüssigen Masse bei der fortschreitenden Erstarrung, während gewisse in Drusen erscheinende Krystalle auf die Mitwirkung von Dämpfen und Gasen, welche im feurigen Magma thätig waren, hinweisen. Bei den gewöhnlichen Laven und Schlacken ist indess die Unterscheidung der verschiedenen Mineralbildungen eine überaus schwierige, wie denn auch in der fließenden und erstarrenden Lava verschiedenartige mineralbildende Processe sich combiniren mögen. In günstigerer Lage befindet sich die Beobachtung, wenn ein Stück alter zelliger Lava von neuem der vulkanischen Thätigkeit unterlag und theils zum Substrat, theils zum Träger neuer Mineralbildungen diente. Solche neu entstandenen Krystalle lassen sich weit bestimmter und leichter von der ursprünglichen Lava unterscheiden. Das Studium solcher Vorkommnisse führt uns zu der Erkenntniß, daß die Massen von Wasser, Chlorwasserstoff, schwefliger Säure, Chlornatrium, Eisenchlorid etc., welche von den Ausbruchsschlünden und ebenso von der Lava ausgehaucht werden, nicht etwa nur begleitende Erscheinungen bei der Bildung vulkanischer Felsen und Mineralaggregate sind, daß sie vielmehr wesentlich mitwirken bei deren Entstehung. Wenn es erst gelungen ist, bei den vulkanischen Processen die Entstehung der Mineralien aus Dämpfen oder unter Mitwirkung von Dämpfen nachzuweisen und zu erklären, dann wird auch der Schlüssel für manche Probleme in Bezug auf die plutonischen Gesteine und ihre Drusenmineralien gefunden seyn.

Ein vom Vesuv während seines letzten Paroxysmus ausgeschleuderter Lavablock, von welchem mir ein Stück

durch die vielbewährte Freundschaft des Hrn. Scacchi übersandt wurde, ist überaus lehrreich in Bezug auf Bildung von Mineralien durch vulkanische Dämpfe. Dieser Block macht es in der That unzweifelhaft, daß, während in der peripherischen Zone durch das vulkanische Feuer der Augit schmolz, der Leucit zerstört wurde, — im Innern die zierlichsten Krystalle von Eisenglanz, Magnet-eisen, Augit, Sodalith, Glimmer gebildet wurden. Ursprünglich hatte unser Lavablock ohne Zweifel das Ansehen so vieler Lavavarietäten aus den Gängen und den Conglomeraten des Somma-Walles. Den Vesuvkennern ist die Beschaffenheit der alten Lava, der „*Lava antica*“, wohl bekannt. Dichtgedrängte, bis 3^{mm} große Leucite, spärlichere grüne Augite, bis 5^{mm}, — eine mit vielen, bis 10^{mm} großen Poren versehene Grundmasse bezeichnen den ursprünglichen Charakter unseres Gesteins, welches vor der wohl durch die Mineraliensucher geschehenen Zertrümmerung vielleicht Kopfgröße erreichen mochte. Das mir vorliegende Stück zeigt sowohl die Beschaffenheit der Außenseite als auch des Innern. — Als Hülle findet sich eine nur wenige Millimeter starke Schicht schwarzer Lava, welche an der Oberfläche blasig, nach innen dicht, obsidianartig geschmolzen ist. In dieser Hülle sind offenbar einzelne Theile des alten Lavastücks z. B. die Augite, zusammengeschmolzen mit neuer Lava, auf oder in welcher unser Block vor seiner Eruption im Kraterschlunde muß geschwommen haben. Während man von den Augiten in dieser peripherischen Zone Nichts mehr wahrnimmt, sind die Leucite zwar verändert und zerstört, doch nicht geschmolzen. Als weiße Körner, durchtränkt mit grünlicher Schmelzmasse, heben sie sich aus der schwarzen Schlackensubstanz hervor. Auf diese äußere Zone folgt eine andere, 10 bis 15^{mm} mächtige, innerhalb welcher das Gestein fest und geschlossen ist, während man von Neubildungen nichts wahrnimmt. In dieser Zone sind die Augite gleichfalls noch geschmolzen, während die Poren des Gesteins durch Schmelzmasse er-

füllt wurden, welche von außen sich bis hierhin zog. In dieser Zone, bis wohin die geschmolzene Lavamasse der Umhüllung eindrang, und die der alten Lava angehörigen Augite schmolzen, konnten keine Mineralien neu gebildet werden, — oder die neugebildeten hätten alsbald wieder geschmolzen werden müssen. Der Schmelzmasse fehlt es nicht an Blasen, aber diese sind leer. Wie hätte sich hier auch z. B. Eisenglanz bilden können, ohne sogleich mit dem feurigflüssigen Silikate zusammen zu schmelzen. In einem Abstände von 12 bis 15^{mm} von der Peripherie sind die grünen Augite nicht mehr geschmolzen, wenigstens nicht mehr völlig zu Glastropfen geschmolzen, und hier beginnt (begreiflicher Weise ohne scharfe Gränze) der innere Theil des Blocks, in welchem die Neubildungen vor sich gegangen sind. Die Poren sind hier nicht von Schmelzmasse erfüllt, vielmehr bekleidet mit kleinsten, zierlichsten Kryställchen, welche ein lebhaftes Glitzern hervorbringen, sehr abstechend gegen das geschmolzene dichte Magma der peripherischen Zone. Die glitzernde Bekleidung der Drusen besteht vorzugsweise aus Eisenglanz und röthlichgelbem Augit. Einige Hohlräume erglänzen fast ausschließlich von Eisenglanztäfelchen (Combination der Basis mit dem Hauptrhomboëder), andere fast allein von röthlichgelben Augitkryställchen; die meisten zeigen indess beide Mineralien zusammen und ininigem Gemenge. Der Eisenglanz bildet zuweilen Zwillinge (Drehungsaxe die Verticale); die Krystalle des Augits sind zwar meist nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ ^{mm} groß, doch vortrefflich ausgebildet, so daß ihre Flächen am Goniometer bestimmt und gemessen werden konnten (verticales rhombisches Prisma nebst Ortho- und Klinopinakoïd, dazu das gewöhnliche Hemioctaëder). Zuweilen sind die Krystalle des Augits auch etwas größer bis 1^{mm}, dann aber nicht so frei ausgebildet, vielmehr sich nur wenig über die Drusenwandung erhebend. Beide Mineralien, Augit und Eisenglanz haben sich nicht nur in den Poren, sondern auch in den feinsten Klüftchen und Höhlungen der Grundmasse

und selbst der Leucite gebildet. Betrachtet man das Gestein mit der Lupe, so sieht man überall aus den eigenthümlich, gleichsam gefrittet erscheinenden, Leuciten metallglänzende, schwarze Eisenglanz- und röthlichgelbe Augitpunkte hervorleuchten.

Die kleinen Augite, welche uns hier als Neubildungen entgentreten, gleichen in Farbe und Ansehen vollkommen jenen Krystallen auf den vulkanischen Eisenglanztafeln der Fumarolenspalte eines Schlackenbergs bei Plaidt nahe Andernach, welche vor sieben Jahren als erster unwiderleglicher Beweis der Entstehung von Silicaten auf dem Wege der Sublimation beschrieben wurden (siehe Ann. Bd. 125, S. 420).

In sehr viel geringerer Menge wie Eisenglanz (nur in sporadischen Kryställchen), doch unter denselben Verhältnissen, kommt in den Poren unseres Auswürflings Magneteisen in zierlichen Octaëdern mit schmal abgestumpften Kanten vor. Einer etwas sorgsamten Beobachtung entzieht sich auch ein viertes neugebildetes Mineral nicht, welches in kleinen perlmutterglänzenden Krystallen einige Drusenwandungen überzieht. Die Bestimmung dieser Krystalle erheischte etwas mehr Mühe, geschah indess mit aller Sicherheit, — sie sind Sodalith. In einem, mir vorliegenden zweiten vesuvischen Auswürflinge gleichfalls von dieser letzten Eruption, welcher dem bisher besprochenen sehr ähnlich ist, ohne indess die peripherische Schlackenzone unversehrt zu zeigen, finden sich die Sodalithkrystalle nebst vereinzelt röthlichgelben Augiten und vielem Eisenglanz noch deutlicher. Dieser Block zeigt auch einzelne seltene Blättchen eines neugebildeten röthlichen Glimmers.

Diese Auswürflinge gestatten die ursprünglich gebildeten Mineralien, Leucit und grünen Augit, leicht und mit Sicherheit von den durch Sublimation neu entstandenen, dem Eisenglanz, Magneteisen, rothem Augit, Glimmer, Sodalith zu unterscheiden. Nicht in gleicher Weise ist dies möglich bei den Sodalith-führenden Lavaströmen

der furchtbaren Eruption von 1631, welche in den Steinbrüchen von Granatello und La Scala aufgeschlossen sind. Doch auch hier ist der, vorzugsweise auf die Drusen beschränkte Sodalith gewiß nicht im eigentlichen Wortsinn aus dem feurigen Flusse erstarrt, vielmehr durch Mitwirkung flüchtiger Stoffe gebildet.

Während die Entstehung des Eisenglanzes durch Sublimation uns vollkommen verständlich ist, gilt nicht das Gleiche für die Bildung des Augits und des Sodaliths. Es ist die Aufgabe der Chemie, diese Lücke unserer Erkenntniß einer, durch geologische Beobachtung gewonnenen Thatsache auszufüllen. Wie es gelungen ist, die vormals räthselhafte Bildung des vulkanischen Eisenglanzes zu erklären, so wird es auch gelingen in Bezug auf die durch vulkanische Fumarolen gebildeten Silikate.

Wasser und Chlornatrium treten bei den vulkanischen Eruptionen in reichlichster Menge auf, und diese sind unzweifelhaft theils die Träger, theils die Erzeuger der wesentlichsten hier in Rede stehenden Processe. Die Gegenwart des Wassers bei vulkanischen Eruptionen ist allgemein bekannt; der Wasserdampf ist die Ursache der vulkanischen Phänomene. Weniger allgemein bekannt ist die große Verbreitung des Chlornatriums an den Kratern, in den Fumarolen und auf den Laven. Durch seine Löslichkeit entgeht dies Salz meist der Wahrnehmung. Der erste Regen löst die Salzrinde von den Laven und Schlacken. Zu Anfang des April 1871 wanderte man nahe dem Gipfel des Vesuvs und auf demselben im Salz, gleichsam wie im Schnee. (Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. Bd. XXIII, S. 721). Nach dem Zeugnisse des Dr. Mercurio, Arzt und Prof. der Physik zu Giarre, waren die glühenden Steine des großen ätnäischen Stroms von 1852 in der Gegend von Milo bei Giarre mit einer Kruste von Chlornatrium überzogen.

Durch die Untersuchungen Bunsen's ist es bekannt, daß das Chlornatrium durch Wasserdämpfe bei Gegenwart der glühenden Lava zersetzt und Chlorwasserstoffsäure

gebildet wird. Diese letztere veranlaßt die Bildung von Eisenchlorid, welches unter gewissen Bedingungen mit Wasserdämpfen sich zersetzt und so Eisenglanz erzeugt. Daß das Chlornatrium oder das, durch die eben angedeutete Zersetzung erzeugte, Natron eine wesentliche Rolle bei der Entstehung des Sodaliths spielt, ist aus dem Grunde einleuchtend, weil dies Mineral nicht nur Chlornatrium enthält, sondern überhaupt das Natrium-reichste Silicat ist.

Daß das Chlornatrium der vulkanischen Dämpfe und Fumarolen theilweise und unter gewissen Bedingungen in die Silicate eintrete, ist — so viel mir bekannt — zuerst von C. W. C. Fuchs in seiner wichtigen Arbeit, die Veränderungen in der flüssigen und erstarrenden Lava (Miner. Mitth., ges. von Tschermak, II. Heft 1871) wahrscheinlich gemacht worden. „Durch die Exhalationen des Chlornatriums, sagt Fuchs, ist offenbar die Bildung des Sodaliths veranlaßt worden, der in den Laven des Vesuv's und in den Trachyten Ischia's so verbreitet ist.“

Es muß hier nochmals daran erinnert werden (s. diese Ann. Bd. 125, S. 429), daß es Scacchi war, welcher zuerst die Entstehung von Silicaten durch Sublimation behauptete (1852), ohne daß freilich damals seine Ansicht sich hätte Eingang verschaffen können.

V. *Untersuchungen über das Spectrum des Nordlichts; von H. C. Vogel.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Berichten der K. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. 1871.)

Das häufige Auftreten von Nordlichtern im vergangenen Winter sowie in diesem Frühjahr hat mir Gelegenheit gegeben, genauere Untersuchungen über das Nordlichtspectrum anzustellen.

Bekanntlich ist die Natur der Nordlichter noch wenig ergründet. Die frühere Ansicht, daß dieselben Entladungen der an den Polen angehäuften Elektricitäten seyen, welche in höheren, verdünnten Luftschichten stattfinden sollten, hat man aufgeben zu müssen geglaubt, da es bisher nicht möglich war, die Hauptlinien des Nordlichtspectrum mit den Spectren der atmosphärischen Gase in Uebereinstimmung zu bringen. Theoretische Betrachtungen, auf die großen Veränderungen basirend, welchen das Spectrum ein und desselben Gases bei verschiedenen Temperatur- und Dichtigkeits-Verhältnissen unterworfen ist, haben jedoch in jüngster Zeit Zöllner¹⁾ zu der Ansicht geführt, daß wahrscheinlich „das Spectrum des Nordlichts nur deshalb nicht mit einem uns bekannten Spectrum der atmosphärischen Gase übereinstimmt, weil es ein Spectrum anderer, aber künstlich bis jetzt noch nicht darstellbarer Ordnung unserer Atmosphäre ist“.

In wie weit es mir, im Verein mit Hrn. Dr. Lohse, gelungen ist, durch genauere Beobachtungen des Nordlichtspectrum selbst, sowie durch Vergleichung desselben mit den Spectren der die Luft bildenden Gase, eine Stütze für diese Ansicht zu geben, wird das Folgende darthun.

Zu den Beobachtungen wurde der zum elfzölligen Aequa-

1) Berichte der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzung Oct. 31. 1870. (Auch Ann. Bd. 141, S. 574.)

toreal der Bothkamper Sternwarte ¹⁾ gehörige Stern-Spectralapparat verwendet. Derselbe besteht aus einem Prismensatz *à vision directe* von 5 Prismen mit 90° brechendem Winkel, Spalt, Collimatorlinse und Fernrohr. Die schwächste vierfache Vergrößerung dieses Fernrohrs wurde angewandt. Das Fernrohr läßt sich mit Hülfe einer Mikrometerschraube so bewegen, daß verschiedene Theile des Spectrums in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht werden können. Da Bruchtheile der Umdrehungen dieser Schraube abzulesen sind, lassen sich die Entfernungen der Spectrallinien bestimmen. Wiederholte Messungen von ca. 100 Linien des Sonnenspectrums haben es mir möglich gemacht, mit Zugrundelegung des Ängström'schen Atlas (*Spectre normal du soleil*), die Angaben der Schraube direct in Wellenlängen auszudrücken.

An Stelle des ursprünglich im Brennpunkte des Beobachtungs-Fernrohrs angebrachten Fadenkreuzes habe ich einen kleinen polirten Stahlkegel einsetzen lassen, dessen sehr feine Spitze bis in die Mitte des Sehfeldes reicht. Die Axe dieses Kegels steht senkrecht auf der Längsausdehnung des Spectrums, also parallel mit den Spectrallinien, und läßt sich die Einstellung der Spitze des Kegels auf die letzteren mit großer Schärfe ausführen. Ist das Spectrum sehr lichtschwach, oder besteht es nur aus hellen Linien, so wird der Kegel durch eine kleine Lampe beleuchtet. Zu dem Zwecke befindet sich im Fernrohr, der Spitze des Kegels gegenüber, eine Oeffnung, durch welche mit Hülfe einer Blende das Licht auf die Spitze geworfen wird. Es erscheint dann, da letztere polirt ist, eine feine Lichtlinie, welche bis zur Mitte des Sehfeldes reicht und deren Helligkeit durch gröfsere oder geringere Entfernung der Beleuchtungslampe oder durch Neigung der Blende so verändert werden kann, daß selbst die schwächsten Linien eines Spectrums auf leichte und sichere

1) Eine kurze Beschreibung dieser neu errichteten Sternwarte habe ich Astr. Nachr. No. 1843 gegeben.

Weise zur Coincidenz mit dieser Lichtlinie gebracht werden können.

Der Kopf der Mikrometerschraube ist in 100 Theile getheilt und entspricht ein solcher Theil in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie *F* etwa $0^{\text{mm}},00000016$ Wellenlänge. Der wahrscheinliche Fehler einer Einstellung auf eine der gut markirten Linien im Sonnenspectrum beträgt bei der schwächsten, vielfachen Vergrößerung des Fernrohrs etwa 0,008 Schraubenumdrehungen. Die Schraube selbst habe ich einer genaueren Prüfung in Bezug auf gleiche Höhe, sowie auf periodische Ungleichheiten der einzelnen Schraubengänge unterworfen, aber keine Fehler entdecken können, welche 0,01 Schraubenumdrehung überträfen. Ich habe noch zu erwähnen, daß nach jeder Beobachtung in der Lage, in welcher das Instrument gebraucht wurde, Einstellungen auf die Natronlinien oder auf einige der Wasserstofflinien erfolgten, um Fehler, welche bei der nicht zu vermeidenden Durchbiegung der einzelnen Theile des Spectral-Apparates entstehen können, zu eliminiren.

1.

Beobachtungen des Nordlichts.

1870. *October 25.* Ein sehr helles Nordlicht. In den lichtesten Theilen desselben waren außer einer recht hellen Linie zwischen *D* und *E* noch mehrere schwächere Linien, mehr nach dem blauen Ende des Spectrums hin gelegen, zu erkennen. Sie erschienen auf matt erleuchtetem Grunde und erstreckten sich bis über die Fraunhofer'schen Linien *E* und *b* hinaus, etwa bis zur Mitte zwischen *b* und *F*.

Nach dem rothen Ende hin war das Spectrum durch die zuerst erwähnte helle Linie begränzt. Messungen konnten nicht vorgenommen werden, da der Apparat die oben erwähnten Abänderungen noch nicht erfahren hatte und selbst die hellste Linie des Spectrums zu wenig Licht verbreitete, um den feinen dunklen Kreuzfaden erkennen

zu können. Die rothen Ausläufer des Nordlichtes wurden nicht untersucht.

1871. *Februar* 11. Gegen 10 Uhr zeigte sich im Nordwesten ein recht heller Lichtbogen von grünlicher Färbung als Saum eines dunklen Segments. Noch bei ganz enger Spaltstellung liefs sich die Linie zwischen *D* und *E* gut erkennen und messen. Das Mittel aus sechs Einstellungen ergab $7^{\circ},11$ oder $0^{\text{mm}},0005572$ Wellenlänge. In einem kleinen, schwächer zerstreuen Spectroskop, welches nach der Browning'schen Art eingerichtet ist, konnten (wie October 25) noch einige Linien mehr nach dem Blau hin gelegen erkannt werden. Nach dem rothen Ende des Spectrums hin waren keine Linien zu bemerken. Um Mitternacht war die grösste Entwicklung des Nordlichts. Prachtvolle Strahlen stiegen bis etwa 60° Höhe auf, sie hatten dieselbe grünliche Färbung wie der Lichtbogen und war auch das Aussehen des Spectrums genau dasselbe. Ich habe noch zwei Messungsreihen angestellt; bei der ersten ergab das Mittel aus sechs Einstellungen $7^{\circ},10$ oder $0^{\text{mm}},0005574$ Wellenlänge, an einer andern Stelle des Himmels wurde aus vier Einstellungen ebenfalls $7^{\circ},10$ gefunden.

Februar 12. war schon gegen 8 Uhr die Intensität des Nordlichts grofs genug, um Messungen der hellsten Linie vorzunehmen. Das Mittel aus sechs Einstellungen ergab $7^{\circ},09$ oder $0^{\text{mm}},5576$ Wellenlänge. Hr. Dr. Lohse beobachtete später mit demselben Apparat und fand aus ebenfalls sechs Einstellungen $7^{\circ},12$ oder $0^{\text{mm}},0005569$ Wellenlänge.

Das Aussehen des Spectrums im schwächer zerstreuen Spectroskop war jedoch wesentlich von dem *Februar* 11. verschieden. Der grüne Theil war vorhanden, er erstreckte sich von der hellen Nordlichtlinie bis zu den Linien *b* des Sonnenspectrums und war von einigen hellen Linien durchzogen. Zwischen *b* und *F* war noch eine isolirt stehende Linie, über *F* hinaus, im blauen Theil des Spectrums ein lichter Streifen und kurz vor *G* ein sehr schwaches, breites Lichtband zu erkennen. In

den Strahlen, die später aufschossen und an ihren Enden röthlich gefärbt waren, trat noch eine recht intensive rothe Linie zwischen *C* und *D*, jedoch mehr nach *C* hin gelegen, im Spectrum auf¹⁾.

April 9. Ein überaus glänzendes Nordlicht, dessen größte Entwicklung in den ersten Morgenstunden statt hatte. Prachtvolle rothe Garben stiegen bis zum Zenith empor. Das Spectrum war dem *Februar 12.* beobachteten gleich, nur viel intensiver, so daß die Linien mit dem größeren Spectral-Apparat gesehen und gemessen werden konnten. In dem hellsten Theile des Nordlichtes in der Nähe des dunkeln Segments bestand das Spectrum aus fünf Linien im Grün und einer etwas verschwommen breiten Linie oder Bande im Blau; die rothen Ausläufer dagegen ließen sieben Linien erkennen, indem noch die helle Linie im rothen Theile des Spectrums dazu kam. Den *Febr. 12.* beobachteten schwachen Streifen in der Nähe der Linie *G* konnte ich nicht wiedersehen. Die Messungen ergaben im Mittel aus durchschnittlich vier Einstellungen auf jede Linie:

Schraube.	Wahrsch. Fehler.	Wellenlänge.	Wahrsch. Fehler.	Bemerkungen.	Auf schwach erleuchtetem Grunde.
r	r	mm	mm		
4,62	$\pm 0,037$	0,0006297	$\pm 0,0000014$	Recht heller Streifen.	
7,12	0,009	0,0005569	0,0000002	Hellste Linie des Spectrums, wird beim Auftreten der rothen Linie merklich schwächer.	
7,92	...	0,000539:	...	Außerst schwache Linie (unsichere Beobachtung).	
8,71	0,020	0,0005233	0,0000004	Ziemlich hell.	
8,95	0,049	0,0005189	0,0000009	Diese Linie ist, wenn gleichzeitig die rothe Linie erscheint, recht hell, sonst mit der vorhergehenden an Helligkeit gleich.	
10,06	0,020	0,0005004	0,0000003	Recht helle Linie.	

1) Diese rothe Linie wurde von Zöllner zuerst gesehen. A. a. O. S. 254.

Schraube. r	Wahrsch. Fehler. r	Wellenlänge. mm	Wahrsch. Fehler. mm	Bemerkungen.
von 12,33		0,0004694		Breites Lichtband, in der Mitte etwas weniger hell: in den Partien des Nordlichts, in denen die rothe Linie erscheint, sehr lichtschwach.
Mitte 12,59	0,022	0,0004663	0,0000003	
bis 12,88		0,0004629		

Fig. 9 Taf. IV im Heft VI giebt ein treues Bild des Nordlichtspectrums in den hellsten, grünlich gefärbten Theilen des Nordlichts.

Fig. 10 dagegen das Spectrum der rothen Strahlen. Die Aenderungen der relativen Helligkeiten der Linien in den beiden Spectren sind bemerkenswerth.

April 14. Schwaches Nordlicht, in dessen Spectrum nur die helle Linie im Grün erkannt werden konnte. Das Mittel aus zwei Einstellungen ergab $7^{\circ},12$ oder $0^{\text{mm}},0005569$ Wellenlänge.

Die Bestimmung der Wellenlänge der hellsten Linie, welche an vier Abenden genau gemessen werden konnte, stelle ich hier nochmals zusammen.

1871. Febr. 11. $0^{\text{mm}},0005573$

„ 12. $0^{\text{mm}},0005573$

April 9. $0^{\text{mm}},0005569$

„ 14. $0^{\text{mm}},0005569$

Im Mittel ergibt sich demnach, wenn der letzten Beobachtung nur halbes Gewicht beigelegt wird, weil dieselbe nur auf zwei Einstellungen beruht, für die Wellenlänge dieser hellsten Linie:

$0^{\text{mm}},0005571,3$ mit einem wahrsch. Fehler v. $0^{\text{mm}},0000000,92$.

Nach Ångström ¹⁾ beträgt die Wellenlänge dieser Linie $0^{\text{mm}},0005567$, nach Winlock ²⁾ dagegen $0^{\text{mm}},000557 \dots$

2.

Ueber die Spectra einiger Gase in Geißler'schen Röhren, sowie über das Spectrum der atmosphärischen Luft.

Um einen etwa stattfindenden Zusammenhang des Nordlichtspectrums mit den Spectren der hauptsächlichsten der

1) Ångström, *Recherches sur le Spectre solaire*. p. 42.

2) *Amer. Journal of Science*, [2] XLVIII, 123.

die Atmosphäre bildenden Gase aufzufinden, sind zahlreiche Versuchsreihen angestellt worden. Ich beschränke mich darauf, nur einige der oft wiederholten Beobachtungen an drei Plücker'schen Röhren, die Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff enthielten, sowie die Beobachtungen des Spectrums der Luft unter verschiedenen Verhältnissen mitzutheilen. Die Versuche wurden mit einem kleinen Inductionsapparat ausgeführt, bei welchem die Schlagweite des Funkens zwischen Platinspitzen, in gewöhnlicher Luft höchstens 15^{mm} betrug. Da Zöllner (in der erwähnten Abhandlung) zu der Annahme kommt, daß wenn die Lichtentwickelungen beim Nordlicht, nach Analogie der in luftverdünnten Räumen zum Glühen gebrachten Gase, elektrischer Natur sind, dieselben einer sehr niedrigen Temperatur angehören müssen, habe ich — um die in den Röhren eingeschlossenen Gase mit möglichst geringer Temperatur zum Glühen zu bringen — stets so schwache Ströme angewandt, daß das Gas nur eben continuirlich leuchtend wurde.

Die folgenden Beobachtungen sind, wie schon erwähnt, oft und zu verschiedenen Zeiten wiederholt worden. Die Zahlenangaben sind Mittelwerthe aus den Ablesungen an der Mikrometerschraube, wofür die Unsicherheit der Angaben in den seltensten Fällen mehr als 0,015 Schraubenumdrehung betragen wird und nur bei ganz schwachen, verschwommenen Linien dieselbe etwas größer angenommen werden muß. Der Spectralapparat war der oben beschriebene und bemerke ich noch, daß die Spaltöffnung desselben bei allen Versuchen nahezu dieselbe gewesen ist und so eng gemacht wurde, daß die Natronlinien eben noch getrennt gesehen werden konnten. Die Messungen erstrecken sich meist nur bis zur Fraunhofer'schen Linie G, da ich befürchten mußte, daß bei weiterer Drehung des Fernrohrs durch die Mikrometerschraube, auf die Schraubengänge der letzteren ein zu großer Druck durch die Gegenfeder ausgeübt werden möchte.

I. Sauerstoff.

a. Im engen Theile der Plücker'schen Röhre.

Schraube. r	Wellenlänge. mm	Bemerkungen.
3,97	0,0006562	Ziemlich hell.
5,04	0,0006146	Sehr hell.
6,98	0,0005603	Recht hell, nach dem Violett verschwommen.
8,19	0,0005332	Schwach.
8,95	0,0005189	Ziemlich hell.
10,97	0,0004870	Ziemlich hell.
11,02	0,0004863	Schwach.
11,26	0,0004829	Hell, nach dem rothen Ende des Spectrums verschwommen.
13,30	0,0004583	Sehr schwach.
14,05	0,0004506	Ziemlich hell.
15,55	0,0004372	Ziemlich hell.

b. Im weiten Theile der Röhre.

Schraube. r	Wellenlänge. mm	Bemerkungen.
6,98	0,0005603	Sehr schwach.
8,95	0,0005189	Sehr hell.
11,26	0,0004829	Ziemlich hell.

Die Linien bei 3^r,97 und 11^r,02 gehören jedenfalls dem Wasserstoff an. Wahrscheinlich sind Spuren von Wasserdampf in der Röhre enthalten gewesen, welche durch den galvanischen Strom zersetzt wurden. Bei geringerer Temperatur, im weiten Theile der Röhre, sind diese beiden Linien nicht wahrzunehmen. Auffällig ist es, daß dort auch die rothe Sauerstofflinie bei 5^r,04 fehlt. Im engen Theil der Röhre stehen die Linien im Grün auf sehr schwach erleuchtetem Grunde, während im weiteren Theile dieselben auf vollkommen dunklem Grunde erscheinen.

II. Wasserstoff.

a. Im engen Theile der Röhre.

Schraube. r	Wellenlänge. mm	Bemerkungen.
3,98	0,0006558	Sehr hell.
6,16	0,0005813	Ziemlich hell, zu beiden Seiten noch mehrere schwache Linien.
7,01	0,0005596	Ziemlich hell.)
7,18	0,0005555	Ziemlich hell.)
7,77	0,0005422	Schwach.)

Auf matt erleuchtetem Grunde, der nach dem Violett hin schwächer wird.

Schraube.	Wellenlänge.	Bemerkungen.
r	mm	
8,95	0,0005189	Ziemlich hell.
10,03	0,0005008	Schwach.
10,55	0,0004929	Ziemlich hell.
11,04	0,0004861	Sehr hell.
12,86	0,0004632	Ziemlich hell.
		} Auf schwachem, continuirlich hellem Grunde.
		} Von 11,5 bis 12,9 heller Grund, der nach dem Violett zu heller wird.
13,32	0,0004581	Sehr schwach.
14,05	0,0004506	Sehr schwach.
15,90	0,0004342	Recht hell.
		} Auf mattem Grunde.

b. Im weiten Theile der Röhre.

Schraube.	Wellenlänge.	Bemerkungen.
r	mm	
5,30	0,0006063	Schwach.
7,00	0,0005598	Hell.
8,96	0,0005187	Sehr hell.
11,28	0,0004828	Sehr hell.
14,04	0,0004507	Ziemlich hell.

Die Linien erscheinen auf vollkommen dunklem Grunde.

Die Röhre zeigt im engen Theile das Wasserstoffspectrum 1. Ordnung; die Linien im Grün coincidiren nicht mit den Linien des Stickstoffs, wohl aber finden sich einige dem Sauerstoff zugehörige Linien wieder. Auch hier sind höchst wahrscheinlich geringe Mengen von Wasserdampf in der Röhre eingeschlossen und später zersetzt worden. Ganz auffällig ist das Spectrum im weiten Theile der Röhre, von den brillant leuchtenden drei Linien $H\alpha$ 3,98, $H\beta$ 11,04, $H\gamma$ 15,90 ist nichts zu sehen, dagegen treten vier recht helle Linien und eine ganz schwache im rothen Theile des Spectrums auf, welche im Gegensatz zum Spectrum des engen Theils nicht auf theilweise schwach erleuchtetem, sondern auf ganz dunklem Grunde erscheinen. Ganz frappirend ist die Erscheinung, wenn man die Röhre so vor dem Spalt vorbeiführt, daß allmählig das Licht im engen Theile, dann das Licht an der Verbindungsstelle der engen und weiten Röhre und endlich das Licht in der letzteren auf den Spalt fällt. An der Verbindungsstelle der verschiedenen weiten Röhren nehmen die bekannten drei Wasserstofflinien an Intensität ab, der continuirliche Grund einiger Partien des Spectrums verschwindet und

eine neue Linie bei $11^{\circ},28$ tritt auf, welche mit $H\beta$ etwa gleiche Helligkeit besitzt.

Die Vergleichung mit dem Spectrum des Sauerstoffs läßt die hellen Linien, welche im Spectrum des weiten Theils der Röhre auftreten, als diesem Stoffe zugehörig erkennen. Es scheint somit die Erhitzung durch den Strom nicht ausreichend zu seyn, den Wasserstoff zum Glühen zu bringen, wogegen der jedenfalls in sehr großer Verdünnung vorhandene Sauerstoff glühend wird. Eine Aenderung der Stromesrichtung hat auf die Erscheinung keinen Einfluß.

III. Stickstoff.

a. Im engen Theile der Röhre.

Schraube. r	Wellenlänge. mm	Bemerkungen.
von 3,84	0,0006620	Mehrere schwache, breite, dicht an einander stehende Linien, welche, je weiter sie nach dem violetten Ende hin gelegen sind, heller werden.
bis 4,85	0,0006213	
5,30	0,0006063	
5,51	0,0006000	Breite helle Linien, die so dicht stehen, daß die Zwischenräume wie feine dunkle Linien erscheinen. Diese Partie des Spectrums ist sehr hell, doch nicht gleichmäßig, sondern nach dem violetten Ende heller.
5,69	0,0005948	
5,87	0,0005896	
6,04	0,0005846	
6,20	0,0005802	
6,43	0,0005741	
6,96	0,0005607	
7,13	0,0005567	Gruppe aus schwachen, aber ebenfalls sehr breiten Linien. Die letzte ist die hellste.
7,28	0,0005532	
7,55	0,0005470	Die dunklen Zwischenräume sind etwas breiter, die hellen Linien etwas intensiver als bei der vorhergehenden Gruppe und alle von fast gleicher Helligkeit.
7,74	0,0005428	
7,92	0,0005389	
8,09	0,0005353	
8,32	0,0005306	
8,50	0,0005272	Sehr schwache feine Linien.
8,69	0,0005237	
9,01	0,0005178	Sehr helle, breite, verschwommene Linie.
9,67	0,0005066	Recht helle Linie.
10,25	0,0004975	Recht helle Linie.
10,66	0,0004913	Recht helle Linie.
11,03	0,0004862	Sehr schwache Linie.
11,41	0,0004811	Helle Linie.
12,11	0,0004721	Helle Linie.
12,57	0,0004666	Schwache Linie.
12,75	0,0004644	Helle, breite, verschwommene Linie.
13,42	0,0004570	Sehr helle Linie.
14,24	0,0004487	Recht helle Linie.

Die hellen Linien sind nach dem rothen Ende des Spectrums scharf begränzt, nach dem andern Ende des Spectrums verwachsen.

Schraube.	Wellenlänge.	Bemerkungen.
r	mm	
15,02	0,0004417	Helle Linie.
15,66	0,0004363	} Die hellen Linien sind nach dem rothen Ende des Spectrums scharf begrenzt, nach dem anderen Ende des Spectrums verwaschen.
15,72	0,0004357	
15,87	0,0004345	
16,76	0,0004273	

Hierauf folgen noch viele Linien.

b. Im weiten Theile der Röhre.

Schraube.	Wellenlänge.	Bemerkungen.
r	mm	
6,20	0,0005802	Schwache, verschwommene, breite Linie.
7,72	0,0005433	Matter Streifen.
8,20	0,0005330	Schwache Linie.
8,94	0,0005191	Sehr schwache Linie.
9,03	0,0005175	Breites Lichtband.
9,90	0,0005029	Mattes Lichtband.
10,68	0,0004911	Ziemlich helle Linie.
11,42	0,0004809	Schwache Linie.
12,59	0,0004663	Helle Linie.
13,43	0,0004569	Helle Linie.
14,07	0,0004504	Ziemlich helle Linie.
14,25	0,0004486	Sehr helle Linie.
15,85	0,0004347	Recht helle Linie.
16,76	0,0004273	Ziemlich helle Linie.

c. An der Lichthülle des negativen Pols.

Schraube.	Wellenlänge.	Bemerkungen.
r	mm	
von 5,18	0,0006100	} Breiter, ziemlich heller, an den Rändern ver- schwommener Lichtstreifen.
bis 5,70	0,0005945	
von 7,60	0,0005459	} Breiter, ziemlich heller Streifen.
bis 8,41	0,0005289	
8,76	0,0005224	Sehr helle Linie, etwas verschwommen nach dem Violett.
9,19	0,0005147	Schwache Linie.
10,07	0,0005002	Helle Linie, verschwommen nach dem Roth.
10,67	0,0004912	Etwas schwächer als die vorige, verschwommen nach dem Roth.
11,43	0,0004808	Sehr schwache Linie.
12,25	0,0004704	Sehr intensiv, breit, verschwommen nach dem Violett.
12,73	0,0004646	Sehr schwache Linie.
13,43	0,0004569	Ziemlich hell, verschwommen nach dem Violett.
14,25	0,0004486	Der vorigen gleich.
15,03	0,0004417	Ganz schwache Linie.
15,86	0,0004346	Ziemlich helle Linie.
16,76	0,0004273	Sehr helle Linie.

Darauf folgen noch mehrere Linien.

etwa

erstoßs

weiten

rende

a den

f zum

großser

Eine

einung

einander

sie nach

d, heller

dafs die

inien er-

strums ist

sondern

alls sehr

hellste.

s breiter,

r als bei

alle von

e

Die hellen Linien sind nach dem

rothen Ende des Spectrums scharf

begrenzt, nach dem anderen Ende

des Spectrums verwaschen.

Die Beobachtungen in den verschiedenen Theilen der Röhre zeigen wiederum deutlich die Abhängigkeit des Spectrums von der Temperatur. Die Lichthülle des negativen Pols giebt die für das Luftspectrum so charakteristische Linie bei $10^{\circ},07$. Es ist das dieselbe Linie, welche in den Spectren der meisten Nebelflecke anzutreffen ist. Die im rothen und gelben Theile, im Spectrum der engen Röhre, sehr auffallenden Liniengruppen verschwinden im weiten Theil der Röhre gänzlich. Vergleicht man die Spectra mit den oben angeführten des Sauerstoffs und Wasserstoffs, so finden sich im Spectrum des engen Theils der Röhre bei $11^{\circ},03$ als sehr schwache Linie $H\beta$, im weiten Theile dagegen bei $8^{\circ},20$, $8^{\circ},94$ und $14^{\circ},07$ Sauerstofflinien wieder. Ich möchte daher vermuthen, daß die Röhre nicht mit reinem Stickstoff, dessen Darstellung eine etwas umständliche ist, sondern mit trockner, verdünnter Luft gefüllt wurde, da nach den Untersuchungen Wüllner's¹⁾ sich ergeben hat, daß trockne Luft dasselbe Spectrum liefert, wie reines Stickgas. Vielleicht ist die Luft in der von mir untersuchten Röhre nicht vollkommen getrocknet gewesen und daraus das Auftreten einiger Linien der genannten Stoffe zu erklären.

Ich habe noch zu erwähnen, daß die Elektroden der Röhren aus Aluminium bestehen, die Vergleichung der beobachteten Spectra mit dem Aluminiumspectrum jedoch keinen Zusammenhang gezeigt haben.

IV. Atmosphärische Luft.

a. Gewöhnliche Luft.

Schraube.	Wellenlänge.	Bemerkungen.
$\overset{r}{(5,88)}$	$\overset{mm}{0,0005892}$	Sehr helle Doppellinie. (<i>Na</i>).
6,67	0,0005680	Sehr helle Linie.
7,20	0,0005550	Schwache Linie.
9,00	0,0005180	Recht helle Linie.
9,79	0,0005047	Feine, schwache Linie.
10,03	0,0005008	Sehr helle Doppellinie.
10,07	0,0005002	
11,43	0,0004808	Schwache verschwommene Linie.

1) Pogg. Ann. Bd. 135, S. 524.

Schraube.	Wellenlänge.	Bemerkungen.
r	mm	
12,69	0,0004651	Schwache, nicht scharf begränzte Linien.
12,84	0,0004633	
13,04	0,0004612	
von 14,61	0,0004453	Verschwommenes Lichtband, welches mit einer breiten verwaschenen Linie endet.
bis 15,88	0,0004344	

Hierauf folgen noch mehrere Linien.

b. Verdünnte, mit Wasserdampf gesättigte Luft.

Schraube.	Wellenlänge.	Bemerkungen.
r	mm	
3,97	0,0006562	Ziemlich helle Linie.
(5,88)	0,0005892	Helle Doppellinie. (Na.)
(6,25)	0,0005789	Helle Linie. (Hg.)
von 7,03	0,0005591	Breiter, matter Lichtstreifen, bei 7,03 eine etwas hellere Linie.
bis 7,55	0,0005470	
(7,59)	0,0005461	Helle Linie. (Hg.)
8,72	0,0005231	Matter Streifen.
8,96	0,0005187	Breiter, verschwommener Streifen.
10,07	0,0005002	Schwache Linie.
11,05	0,0004859	Sehr helle Linie.
12,21	0,0004709	Ziemlich helle Linie.
12,75	0,0004644	Linie, schwächer als die vorige.
13,28	0,0005585	
(15,71)	0,0004358	
15,90	0,0004341	Recht helle Linie. (Hg.)

Auf matterm, continuirlichem Grunde.

Auf matt erleuchtetem Grunde, der nach dem Violett schwächer wird.

Darauf folgen noch mehrere Linien.

Der elektrische Funke sprang bei den ersten Versuchen, etwa 1^{cm} weit, zwischen Platinspitzen, in freier Luft über. Die Natronlinie bei 5^r,88 zeigte sich stets. Die helle Doppellinie bei 10^r,03 und 10^r,07 liefs sich bei schwächerem Strom oder größerer Schlagweite nicht mehr als Doppellinie erkennen, sondern erschien dann als breite, etwas verschwommene Linie, deren hellste Stelle bei 10^r,05 gelegen war. Dem Platin-Spectrum zugehörnde Linien traten nicht auf. Gewöhnliche verdünnte Luft, welche unter einem Druck von 25^{mm} bis 30^{mm} stand und in einer 8^{mm} weiten Röhre durch Quecksilber abgeschlossen war, zeigte *genau* dieselben Linien wie die Plücker'sche Röhre mit Stickstoff (b), nur traten noch einige dem Spectrum des Quecksilbers zugehörnde Linien auf. Es kann diese Wahrnehmung noch als eine Bestätigung der oben aus-

gesprochenen Vermuthung über die Beschaffenheit der Plücker'schen Röhre III (Stickstoff) angesehen werden.

Bei den unter *b* aufgeführten Beobachtungen stand die mit Wasserdampf gesättigte Luft unter einem Drucke von 22^{mm}. Ausser den Natronlinien zeigten sich bei 6',25, 7',59 und 15',71 Linien des Quecksilberspectrums. Das Spectrum verdünnter Luft unter ähnlichen Druckverhältnissen wurde, wie oben erwähnt, vollkommen mit dem Spectrum des Lichtes im weiten Theile der Plücker'schen Röhre III (Stickstoff *b*) übereinstimmend gefunden; eine Vergleichung des Spectrums verdünnter, mit Wasserdampf gesättigter Luft mit ersterem zeigt daher die auffälligen Veränderungen des Spectrums, welche durch das Vorhandenseyn von Wasserdampf hervorgebracht werden.

3.

Vergleichung des Nordlichtspectrums mit den Spectren atmosphärischer Gase und irdischer Stoffe.

Zunächst wende ich mich zur Vergleichung der beobachteten Spectra verschiedener Gase und der Luft mit dem Spectrum des Nordlichts. Das erste Lichtband im rothen Theile des Nordlichtspectrums fällt höchst wahrscheinlich mit dem ersten Liniensystem im Spectrum des Stickstoffs (*a*) zusammen. Wahrscheinlich ist nur der hellere Theil dieser Liniengruppe wegen der überaus grossen Lichtschwäche des Nordlichts zu erkennen und würde dann, da beim Stickstoff die Zunahme der Helligkeit dieses Theils des Spectrums nach dem violetten Ende erfolgt, damit die Verschiebung der Mitte des Lichtstreifens nach dieser Richtung ihre Erklärung finden. Die intensivste Linie des Nordlichtspectrums bei 7',12 ist im Spectrum des Stickstoffs (*a*), wenn auch als ganz schwache Linie, wiederzufinden. Dafs diese Linie beim Nordlicht isolirt und mit relativ grosser Intensität auftritt, dürfte bei der grossen Veränderlichkeit der Gasspectra unter verschiedenen Druck- und Temperatur-Verhältnissen nicht befremden. Die

wegen großer Schwäche sehr ungenau bestimmte dritte Linie des Nordlichtspectrums fällt ebenfalls mit einer Stickstofflinie zusammen. Die Linie bei $8^{\circ},71$ ist im Stickstoffspectrum (c), sowie im Spectrum der Luft (b) anzutreffen. Die dritte Linie des Sauerstoffspectrums bei $8^{\circ},95$, welche *unter sehr verschiedenen Verhältnissen aufzutreten scheint*, findet sich als fünfte Linie im Spectrum des Nordlichts wieder. *Sehr genau coincidirt ferner die sechste Linie im Nordlicht bei $10^{\circ},06$, mit der bekannten, in den Spectren einiger Nebelflecke auftretenden Stickstofflinie.* Was endlich das breite Lichtband von $12^{\circ},33$ bis $12^{\circ},88$ im Nordlichtspectrum betrifft, so finden sich an dieser Stelle, sowohl im Spectrum des Stickstoffs, wie auch im Spectrum der Luft (a, b) mehrere Linien, so daß auch hier eine Uebereinstimmung zwischen den Spectren als sehr wahrscheinlich betrachtet werden dürfte.

Die Beobachtungen zeigen demnach mit einiger Sicherheit, daß wenigstens eine Linie bei $10^{\circ},06$ des Nordlichtspectrums mit dem Helligkeitsmaximum des Luftspectrum übereinstimmt, die andern Linien aber mit großer Wahrscheinlichkeit in den Spectren atmosphärischer Gase vorkommen. Bei der überaus großen Veränderlichkeit der Gasspectra bei variirenden Druck- und Temperatur-Verhältnissen möchte es wohl schwerlich gelingen, auf künstlichem Wege ein Spectrum zu erzeugen, was dem des Nordlichts in allen Theilen gleichkäme. Man muß ferner jedenfalls annehmen, unter der Voraussetzung, die Nordlichter seyen elektrische Entladungen in verdünnteren Luftschichten, daß die zur Ueberführung der Elektrizität geeigneten Luftschichten eine sehr bedeutende Dicke haben werden. In dem Falle sind in diesen Luftschichten die Druckverhältnisse jedenfalls selbst wieder so verschieden, daß innerhalb gewisser Gränzen jede ein ihr eigenthümliches Spectrum liefern wird, wir aber die Summe sämtlicher, so zu sagen hinter einander gelagerten Spectra sehen werden und auch damit die Schwierigkeit, ja wohl die Unmöglichkeit einleuchtet, eine vollkommene Ueber-

einstimmung des Nordlichtspectrums mit den künstlich dargestellten Spectren von Gasgemischen zu erzielen.

Eine Vergleichung des Nordlichtspectrums mit den Spectren irdischer Stoffe kann mit Hülfe der angeführten Wellenlängen der einzelnen Linien des ersteren, unter Berücksichtigung des wahrscheinlichen Fehlers und des Atlas des Sonnenspectrums von Ängström, leicht ausgeführt werden. Hier ist besonders die vollkommene Uebereinstimmung der hellsten Nordlichtlinie, welche mit einer Genauigkeit von ca. $\frac{1}{7}$ der Entfernung der Natronlinien bestimmt wurde, mit Linien des Eisenspectrums auffallend. Die Angaben der Wellenlänge bei den oben angeführten Beobachtungen der hellen Nordlichtlinie schwanken zwischen 556,9 und 557,3 Milliontel Millimeter, während zwei Linien des Eisenspectrums nach Ängström bei 556,85 und 557,17 gelegen sind.

Auch lassen sich für die andern Linien innerhalb der angegebenen Genauigkeitsgränzen übereinstimmende Eisenlinien auffinden, wie aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen ist.

Nordlichtlinien.		Linien des Eisenspectrums.	
Wellenlänge in Millionteln Milm.		Wellenlänge in Millionteln Milm.	
629,7		{ 630,08 629,85 539,60	Ziemlich hell.
		{ 539,22 539,05 538,85	
539		{ 523,43 523,21 522,90	Meist sehr schwach.
		{ 519,79 519,40 519,16	
523,3		{ 519,06 518,51 500,65	Sehr schwach.
		{ 500,52 500,49 500,30	
518,9		{ 500,20	Sehr schwach.
		{ 3 stärkere und 6 sehr schwache Eisenlinien.	
500,4			
von 469,4 { bis 462,9 }		

Diese jedenfalls sehr bemerkenswerthe Uebereinstimmung dürfte jedoch nur erst dann als ein vollgültiger Beweis für die Anwesenheit von Eisendämpfen in der Atmosphäre zu betrachten seyn, wenn es gelungen ist, analoge Modificationen der relativen Helligkeitsverhältnisse im Eisenspectrum durch Temperatur- und Dichtigkeitsänderungen durch Beobachtung nachzuweisen, um auf diese Weise das Auftreten relativ sehr schwacher, dagegen das Fehlen gerade der intensivsten Eisenlinien im Nordlichtspectrum erklären zu können.

Viel wahrscheinlicher wird es daher vorläufig bleiben, das *Nordlichtspectrum* als eine *Modification des Luftspectrums* anzusehen, da wir bei Gasen die Veränderlichkeit der Spectra durch Druck- und Temperaturverhältnisse bereits kennen und eine jedenfalls ebenso sichere Uebereinstimmung des fraglichen Spectrums mit den Spectren atmosphärischer Gase weiter oben gezeigt wurde.

**VI. Ueber den Zusammenhang des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie mit dem Hamilton'schen Princip;
von R. Clausius.**

Veranlaßt durch eine kürzlich von mir veröffentlichte Abhandlung ¹⁾ hat Hr. Szily eine interessante Betrachtung über den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie angestellt ²⁾, worin er zu dem Resultate gelangt, daß die Gleichung, welche diesen Satz ausdrückt, sich als unmittelbare Folge aus dem Hamilton'schen Princip ableiten lasse.

1) Sitzungsberichte der Niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde 1870, und diese Ann. Bd. 142, S. 433.

2) Diese Ann. Bd. 145, S. 295.

Dafs der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie mit dem Satze von der kleinsten Wirkung zusammenhängt, ist auch von mir und, wie ich nachträglich erfahren habe, schon früher von Boltzmann¹⁾ ausgesprochen. Dieser Zusammenhang wird, wie Hr. Szily ganz richtig hervorhebt, noch auffälliger, wenn man den von Hamilton gegebenen erweiterten Ausdruck des Satzes von der kleinsten Wirkung anwendet.

Man darf dabei aber die Hamilton'sche Gleichung nicht in der Form nehmen, in welcher sie gewöhnlich in den Lehrbüchern der Mechanik angeführt wird, und sich z. B. in Jacobi's Vorlesungen über Dynamik S. 58 findet. Sey nämlich für ein System materieller Punkte, deren Bewegung unter dem Einflusse von Kräften stattfindet, die eine Kraftfunction oder ein Ergal haben, die lebendige Kraft mit T und das Ergal mit U bezeichnet, in dem Sinne, dafs die Summe $T + U$ constant ist, dann ist die gewöhnlich angeführte Form der Hamilton'schen Gleichung:

$$(1) \quad \delta \int (T - U) dt = 0.$$

Damit diese Gleichung richtig sey, mufs die durch δ angedeutete Variation so verstanden werden, dafs man beim Variiren von der Veränderung der Zeit absieht, obwohl in der Wirklichkeit die veränderte Bewegung, auf welche die Variation sich bezieht, nicht blos in Betreff der Coordinaten und Geschwindigkeiten, sondern auch in Betreff der Zeit, in der sie vor sich geht, von der ursprünglichen Bewegung verschieden ist.

Versteht man dagegen das Variationszeichen δ in dem sonst gewöhnlich angenommenen Sinne, dafs es die ganze Veränderung der variirten Gröfse andeutet, so mufs die Gleichung lauten:

$$\delta \int (T - U) dt + (T + U) \delta \int dt = 0,$$

oder, wenn man die Zeitdauer, auf welche die Integration

1) Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. 53.

sich bezieht, mit i bezeichnet, und für die Summe $T + U$, also für die *Energie* des Systems, das Zeichen E einführt:

$$\delta \int_0^i (T - U) dt + E \delta i = 0.$$

Dieselbe Gleichung läßt sich, wie man leicht sieht, auch in folgende, noch einfachere Form bringen:

$$(2) \quad 2 \delta \int_0^i T dt = i \delta E.$$

Dieses ist die von Szily benutzte Hamilton'sche Gleichung, welche den Satz von der kleinsten Wirkung bei veränderlicher Energie ausdrückt. Sie stimmt mit der von Boltzmann angewandten und in der oben citirten Abhandlung unter (23a) mitgetheilten Gleichung überein, wenn man unter der von ihm mit ε bezeichneten Gröfse nicht bloß die zugeführte lebendige Kraft, sondern, seiner späteren Erläuterung gemäß, die Vermehrung von lebendiger Kraft und Arbeit versteht, und ihr demnach dieselbe Bedeutung beilegt, wie der in (2) vorkommenden Variation δE .

Szily leitet nun aus der Gleichung (2) in höchst einfacher Weise eine andere Gleichung ab, welche er mit derjenigen, die den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie ausdrückt, als gleichbedeutend ansieht. In dieser Beziehung muß ich nun aber sagen, daß seine Entwicklung mir zu einfach zu seyn scheint, indem darin wesentliche Schwierigkeiten unerwähnt und ungelöst geblieben sind.

Von derjenigen mechanischen Gleichung, welche ich in meiner eingangs erwähnten Abhandlung aufgestellt und angewandt habe, spricht er (auf S. 300) so, als ob sie schon in der Hamilton'schen Gleichung enthalten sey. Das ist aber gar nicht möglich, indem meine Gleichung eine allgemeinere Anwendbarkeit besitzt, als die Hamilton'sche. Diese letztere setzt nämlich als nothwendige Bedingung voraus, daß das Ergal bei der veränderten Be-

wegung noch durch dieselbe Function der Raumcoordinaten dargestellt werde, wie bei der ursprünglichen Bewegung, während meine Gleichung auch dann gültig bleibt, wenn die das Ergal darstellende Function der Coordinaten eine Aenderung erleidet. Als einfachsten Fall der Art kann man annehmen, daß die Function außer den Coordinaten noch eine Gröfse enthalte, welche bei den Bewegungen constant bleibt. Dann setzt die Hamilton'sche Gleichung voraus, daß diese Gröfse bei der veränderten Bewegung denselben Werth habe, wie bei der ursprünglichen Bewegung; meine Gleichung dagegen gestattet eine Veränderung des Werthes dieser Gröfse.

Ich habe diesen Unterschied der beiden Gleichungen schon einmal in einem auf die Boltzmann'sche Arbeit bezüglichen Aufsatz¹⁾ auseinandergesetzt, und habe dort näher nachgewiesen, in wiefern die Hamilton'sche Gleichung für einen solchen Fall, wo das Ergal eine von der Aenderung der Coordinaten unabhängige Veränderung erleidet, unrichtig werden würde.

Der Irrthum, daß meine Gleichung sich aus der Hamilton'schen ableiten lasse, scheint mir daraus entstanden zu seyn, daß Hr. Szily die von mir angewandte Bezeichnungsweise nicht ganz richtig verstanden hat.

Zur bequemerem Erläuterung der Sache wollen wir uns hier auf die Betrachtung eines einzelnen beweglichen Punktes beschränken. Es sey also ein materieller Punkt von der Masse m gegeben, welcher bei der ursprünglichen Bewegung eine geschlossene Bahn beschreibe oder sich zwischen zwei gegebenen Punkten bewege. Bei der veränderten Bewegung beschreibe er ebenfalls eine geschlossene Bahn, oder bewege sich zwischen zwei Punkten, welche letzteren entweder mit den früher gegebenen identisch seyen, oder, wenn das nicht der Fall ist, die Bedingung erfüllen, daß die Gröfse

$$\frac{dx}{dt} \delta x + \frac{dy}{dt} \delta y + \frac{dz}{dt} \delta z$$

1) Diese Ann. Bd. 144, S. 268.

am Endpunkte der Bewegung denselben Werth habe, wie am Anfangspunkte¹⁾. Wenn wir dann für die Zeitdauer der Bewegung und die Energie die Buchstaben i und E beibehalten, und die Geschwindigkeit des Punktes mit v bezeichnen, und wenn wir ferner bei veränderlichen Gröſſen den Mittelwerth durch einen darüber gesetzten waagrechten Strich andeuten, so können wir der unter (2) angeführten Hamilton'schen Gleichung folgende Form geben:

$$(2_a) \quad \delta (m \overline{v^2} i) = i \delta E.$$

Meine Gleichung habe ich bei ihrer ersten Aufstellung²⁾ so geschrieben:

$$(3) \quad \delta \overline{U} = \frac{m}{2} \delta \overline{v^2} + m \overline{v^2} \delta \log i.$$

Dabei habe ich aber den Buchstaben U dort nicht als ein allgemein gültiges Zeichen für das Ergal angewandt, sondern habe ausdrücklich gesagt, daß er nur das Ergal für die ursprüngliche Bewegung bezeichnen solle. In einem späteren Aufsatze³⁾ habe ich, um den Unterschied recht deutlich hervorzuheben, die Gleichung in folgender Form geschrieben:

$$(3_a) \quad \frac{dU}{dx} \delta x + \frac{dU}{dy} \delta y + \frac{dU}{dz} \delta z = \frac{m}{2} \delta \overline{v^2} + m \overline{v^2} \delta \log i,$$

- 1) Sollte die letztere Bedingung nicht erfüllt seyn, so müßte noch die Differenz

$$\left(\frac{dx}{dt} \delta x + \frac{dy}{dt} \delta y + \frac{dz}{dt} \delta z \right)_1 - \left(\frac{dx}{dt} \delta x + \frac{dy}{dt} \delta y + \frac{dz}{dt} \delta z \right)_0,$$

worin die Indices 0 und 1 den Anfangs- und Endwerth der Gröſſen andeuten, in den nachfolgenden Gleichungen vorkommen. Für unsere Betrachtungen genügt aber die einfachere Form der Gleichungen, welche der Annahme entspricht, daß die Differenz Null sey.

- 2) Sitzungsber. der Niederrhein. Ges. für Natur- und Heilkunde. 1870, S. 174 und diese Ann. Bd. 142, S. 442.
3) Ueber die Anwendung einer von mir aufgestellten mechanischen Gleichung auf die Bewegung eines materiellen Punktes um ein festes Anziehungscentrum oder zweier materieller Punkte um einander; Nachrichten der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften. 1871, S. 248 und Math. Ann. von Clebsch u. Neumann Bd. 4, S. 232.

und habe dann hinzugefügt: „Die Summe

$$\frac{dU}{dx} \delta x + \frac{dU}{dy} \delta y + \frac{dU}{dz} \delta z$$

darf nicht ohne Weiteres als die Variation des Ergals betrachtet werden, und darf daher, wenn man U die Bedeutung beilegt, daß es nicht nur für die ursprüngliche, sondern auch für die veränderte Bewegung das Ergal darstelle, nicht ohne Weiteres mit δU bezeichnet werden.“

Nehmen wir z. B. den oben besprochenen Fall an, daß die Function U außer den Coordinaten noch eine GröÙe c enthalte, welche bei jeder Bewegung constant sey, aber von einer Bewegung zur anderen ihren Werth ändern könne, so ist diejenige Aenderung des Ergals, welche durch die Aenderung von c veranlaßt wird, in der obigen Summe nicht enthalten. Man kann daher in diesem Falle statt (3.) schreiben:

$$(3_1) \quad \delta \bar{U} - \frac{d\bar{U}}{dc} \delta c = \frac{m}{2} \delta \bar{v}^2 + m \bar{v}^2 \delta \log i,$$

wodurch die charakteristische Eigenthümlichkeit der GröÙe, welche an der linken Seite meiner Gleichung steht, noch deutlicher hervortritt.

Um die drei zusammengehörigen mechanischen Gleichungen, um welche es sich bei den neueren Betrachtungen über den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie handelt, in Bezug auf ihre Anwendbarkeit bequem unter sich vergleichen zu können, wird es vielleicht zweckmäßig seyn, die Unterschiede, welche zwischen ihnen herrschen, noch einmal übersichtlich zusammenzustellen. Die Gleichung, welche den Satz von der kleinsten Wirkung in seiner ursprünglichen Form ausdrückt, und welche nach unserer Bezeichnungsweise lautet:

$$(4) \quad \delta (m \bar{v}^2 i) = 0,$$

setzt voraus, daß sowohl das Ergal durch eine unveränderliche Function der Coordinaten dargestellt werde, als auch die Energie einen unveränderlichen Werth habe. In der Hamilton'schen Gl. (2.) wird für das Ergal ebenfalls

eine unveränderliche Function vorausgesetzt, aber die Energie kann sich ändern. In meiner Gleichung endlich ist sowohl eine Aenderung der Energie, als auch eine Aenderung der das Ergal darstellenden Function zulässig.

Die letztere Verallgemeinerung war für die Anwendung der Gleichung auf die Wärmetheorie durchaus nothwendig, weil bei den dort in Betracht kommenden Zustandsänderungen eines Körpers Veränderungen der wirksamen Kräfte vorkommen, die von den räumlichen Aenderungen unabhängig sind, und sich nicht durch ein Ergal von unveränderlicher Form darstellen lassen.

Außer diesem Umstande kommen in den in der Wärmelehre zu betrachtenden Fällen noch andere Schwierigkeiten vor, welche die unmittelbare Anwendung der Hamilton'schen Gleichung (2) unzulässig machen.

Die Gleichung (2) setzt voraus, daß alle in dem betrachteten Systeme vorkommenden materiellen Punkte zu ihrer Bewegung eine gemeinsame Zeit t gebrauchen, welche sich bei der Veränderung der Bewegung für alle Punkte in gleicher Weise ändert. Denken wir uns nun aber einen Körper als ein System von sehr vielen bewegten materiellen Punkten, und machen selbst die vereinfachte Annahme, daß alle Punkte sich in geschlossenen Bahnen bewegen, so dürfen wir doch nicht voraussetzen, daß sie auch alle ihre Bahnen in gleicher Zeit beschreiben, und daß bei einer Aenderung des Körperzustandes alle Umlaufzeiten sich in gleicher Weise ändern. Zur Berücksichtigung dieses Umstandes sind also besondere Betrachtungen nothwendig.

Noch größer werden die Schwierigkeiten, wenn man auch die Annahme, daß alle Punkte sich in geschlossenen Bahnen bewegen, fallen läßt, und ganz unregelmäßige Bewegungen annimmt. In der Auseinandersetzung des Hrn. Szily sind diese Schwierigkeiten aber gar nicht zur Sprache gebracht.

Bonn, Mai 1872.

VII. Zur Kenntniss der Thalliumverbindungen; von C. Rammelsberg.

Unterschwefelsaures Thallium.

Das Thalliumhyposulfat ist von Werther beschrieben. Durch Doppelzersetzung des Sulfats und des unterschwefelsauren Baryts lässt es sich leicht erhalten.

Die durchsichtigen farblosen Krystalle sind, wie auch schon Werther fand, wasserfrei.

a) 1,735 gaben durch schwaches Glühen im bedeckten Tiegel $1,532 \text{ Tl}^2 \text{SO}^4 = 1,24016 \text{ Tl}$.

b) 1,79 wurden mit rauchender Salpetersäure oxydirt. Die verdünnte und mit Ammoniak neutralisirte Flüssigkeit gab mit K J 2,059 getrocknetes $\text{TlJ} = 1,269 \text{ Tl}$. Aus dem angesäuerten Filtrat wurden $1,51 \text{ Ba SO}^4 = \text{S } 0,20732$ erhalten.

		$\text{Tl}^2 \text{S}^2 \text{O}^4$	
berechnet.		gefunden.	
		a.	b.
2 Tl	= 408 =	71,83	71,48
2 S	= 64 =	11,27	70,90
6 O	= 96 =	16,90	11,58
	<u>568</u>	<u>100.</u>	

Jodsaures Thallium.

I. Thallium Jodat.

(Jodsaures Thalliumoxyd.)

Wird eine Auflösung von Thalliumhydroxyd, HTlO , durch Zersetzung des Sulfats $\text{Tl}^2 \text{SO}^4$ mittelst Baryumhydroxyd erhalten, mit einer solchen von Jodsäure vermischt, so entsteht sogleich eine reichliche weiße Fällung von Thalliumjodat, welche sich durch Wasser gut auswaschen lässt.

Lufttrocken ist es ein weißes Pulver ohne krystallinisches Ansehen. Es lässt sich bis über 150° erhitzen,

ohne sich zu verändern, oder Wasser zu verlieren. In Salpetersäure ist es, namentlich nach dem Trocknen, schwer auflöslich.

2,78 wurden in Salpetersäuren aufgelöst und nach dem Verdünnen mit schwefliger Säure reducirt. Es fiel so gleich gelbes Jodthallium nieder, welches nach dem Trocknen = 2,358 war. Das Filtrat gab mit Silbersalz noch 0,05 Ag J, entsprechend 0,027 Jod oder 0,0704 Tl J, so daß die Gesammtmenge des letzteren = 2,4284 = 1,4966 Tl und 0,9318 J.

Das Salz ist also



	berechnet.		gefunden.
Tl = 204	= 53,82	} 87,33	53,83
J = 127	= 33,51		33,52
3 O = 48	= 12,67		
	<u>379</u>		<u>100.</u>

In einer Glasröhre erhitzt, schmilzt das Thalliumjodat zu einer braunen Flüssigkeit, entwickelt Sauerstoff und Jod, während Jodthallium theils sublimirt, theils mit den Joddämpfen fortgeht. Der dunkelbraune Rückstand von Tl J und Tl³ O betrug in einem Versuche nur 72,9 Proc. des Salzes.

Erhitzt man Thalliumjodat mit einer Auflösung von Jodsäure, so löst es sich nicht auf, färbt sich aber gelblich. Auch die Säure wird gelb, und beim Kochen entwickelt sich ein wenig freies Jod.

Der Grund dieses Verhaltens ist die Bildung von etwas Dithalliumjodat, wodurch Jodsäure zu Jod reducirt wird. Die Gegenwart von jenem erkennt man leicht daran, daß das Salz auf Zusatz eines Alkali sich braun färbt. Die Reaction beschränkt sich übrigens, selbst bei langer Digestion mit Jodsäure, nur auf einen im Verhältniß kleinen Theil des Salzes.

II. Dithalliumjodat.

(Jodsaures Thalliumsesquioxyd.)

Erhitzt man frisch gefälltes braunschwarzes Thalliumsesquioxyd mit einer Auflösung von Jodsäure, so verwandelt es sich in ein graubraunes krystallinisches Salz, während die saure Flüssigkeit frei von Thallium ist.

Das Salz ist in Salpetersäure schwer löslich; die Auflösung wird von Ammoniak braunschwarz gefällt. Durch Digestion mit Kalilauge wird es zersetzt, das alkoholische Filtrat ist thalliumfrei.

1) 1,453 wurden mit Kalilauge digerirt und gekocht; das abfiltrirte Oxyd gab $0,49 \text{ Tl}^2 \text{SO}^4 = 0,3966 \text{ Tl}$. Das alkalische Filtrat, mit Salpetersäure übersättigt und mit schwefliger Säure behandelt (wobei keine Spur TlJ sich abschied) gab mit Silbersalz $1,307 \text{ Ag J} = \text{J } 0,706336$.

2) 1,359 wurden nach dem Erhitzen mit Kalilauge direkt mit schwefliger Säure reducirt, und dann mit Salpetersäure schwach sauer gemacht. Es fielen $0,592 \text{ TlJ} = \text{Tl } 0,365$ und $\text{J } 0,227$ nieder, und die Flüssigkeit gab dann noch $0,704 \text{ Ag J} = \text{J } 0,38046$

oder

	1.	2.
Thallium	27,3	26,86
Jod	48,6	44,70.

Nach 1 ist $\text{Tl} : \text{J} = 1 : 2,86$, d. h. nahe $= 1 : 3$. In 2 scheint ein Verlust von Jod stattgefunden zu haben. Das Salz ist also

$$\begin{aligned}
 \text{TlJ}^6\text{O}^{18} + 3\text{aq} &= (\text{TlO}^3 + 3\text{J}^2\text{O}^6) + 3\text{aq} \\
 2\text{Tl} &= 408 = 27,00 \\
 6\text{J} &= 762 = 50,40 \\
 18\text{O} &= 288 = 19,03 \\
 3\text{aq} &= 54 = 3,57 \\
 \hline
 &1512 \quad 100.
 \end{aligned}$$

Es hätte 43,78 Proc. TlJ geben sollen, während der Versuch 43,57 gab.

Beim Erhitzen wird das Salz weiß, dann gelb, schmilzt, entwickelt Sauerstoff und Jod, und hinterläßt einen theil-

weise sublimirten Rückstand von TIJ und TI^2O , der in einem Versuche 37,48 Proc. betrug.

Ueberjodsaures Thallium

I. Thalliumperjodat.

Setzt man zu einer Auflösung von Ueberjodsäure eine solche von krystallisirtem Thalliumhydroxyd, so entsteht ein weißer Niederschlag.

Dieselbe Erscheinung tritt ein, wenn Auflösungen von Thalliumnitrat und von halb-überjodsaurem Kali $\text{K}^4\text{J}^3\text{O}^9$ vermischt werden.

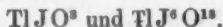
Die weiße Farbe des Niederschlages verwandelt sich bald in eine gelbliche, besonders beim Auswaschen mit kaltem Wasser und beim Trocknen an der Luft. Das trockene Pulver ist gelb.

Das frisch gefällte, gleichwie das lufttrockene Salz wird von Salpetersäure nicht aufgelöst; erhitzt man, so färbt es sich hellbraun, während die Säure nach dem Abdampfen eine weiße Salzmasse hinterläßt, die von Wasser unter Abscheidung von braunem FIO^3 zersetzt wird. Scheidet man dies durch Ammoniak ab, so reagirt das Filtrat noch auf Thallium. Außerdem läßt sich die Gegenwart der Jodsäure durch Silbersalze nachweisen.

Das braune Salz, welches durch die Einwirkung der Salpetersäure abgeschieden ist, verhält sich im Ansehen und gegen Reagentien (Kalilauge) wie Dithalliumjodat.

Durch Erhitzen mit Kalilauge wird das vermeintliche Perjodat gelb, dann braunschwarz, während die alkalische Flüssigkeit einerseits auf Jodsäure, andererseits stark auf Thallium reagirt.

Aus dem Angeführten folgt, daß Thalliumperjodat nicht existirt, weil die Säure sich zu Jodsäure reducirt, das Thallium aber zum Theil zu Sesquioxyd oxydirt wird. Die fraglichen Niederschläge sind also offenbar Gemenge von den beiden Jodaten



Das Thallium verhält sich mithin gegen Ueberjodsäure

wie Eisen, Mangan und Kobalt, welche unter Bildung von Jodsäure höher oxydirt werden.

II. Dithalliumperjodat.

Trägt man frisch gefälltes braunes Sesquioxyd in eine Auflösung von Ueberjodsäure und erwärmt, so wird es hellbraun. Die saure Flüssigkeit ist thalliumfrei.

2,135 des lufttrocknen Salzes wurden durch Kalilauge zersetzt. Das rückständige braune Oxyd gab $1,93 \text{ TlJ} = \text{Tl } 1,1895$. Aus der alkalischen Flüssigkeit wurde $0,393 \text{ AgJ} = \text{J } 0,2124$ erhalten.

Hieraus scheint zu folgen, daß das Salz gegen 3 Atome Jod 10 Atome Thallium enthält (gefunden 3 : 10,1), und also $\text{Tl}^{10} \text{J}^6 \text{O}^{31} + 90 \text{ aq} = (10 \text{ TlO}^3 + 3 \text{J}^2 \text{O}^7) + 90 \text{ aq}$ sey.

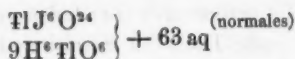
10 Tl	=	4080	=	56,06	gefunden.
6 J	=	762	=	10,47	55,71
51 O	=	816	=	11,21	9,95
90 aq	=	1620	=	22,26	
		7278		100.	

Die viel einfachere Formel $\text{Tl}^3 \text{J}^2 \text{O}^{16} + 30 \text{ aq}$ verlangt:

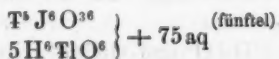
3 Tl	=	1224	=	53,84
2 J	=	254	=	11,17
16 O	=	256	=	11,26
30 aq	=	540	=	23,74
		2274		100.

Sie stimmt mit der Analyse minder gut.

Ich brauche nicht zu sagen, daß das Salz wirklich ein Perjodat ist, und daß sein ganzer Gehalt an Thallium durch starke Basen abgeschieden wird. Es ist, trotz seiner Entstehung bei Säureüberschuß, ein sehr basisches Salz, und kann als



oder als



betrachtet werden.

Vermischt man Auflösungen von Kaliumthalliumchlorid (K^3TlCl^6) und von halb überjodsaurem Kali, so entsteht ein Niederschlag, der dem beschriebenen Salze im Aeufseren vollkommen gleicht.

Thalliums sesquichlorid.

Schmilzt man $TlCl$ im Chlorstrom, so bildet sich das Sesquichlorid, welches durch Wasser von beigemengtem $TlCl$ zu befreien ist. Es bildet gelbe Blättchen. Dieselbe Verbindung scheidet sich beim Auflösen des braunen Oxyds in Chlorwasserstoffsäure und Abdampfen aus.

Zur Bestätigung der Natur dieses Chlorids mag bemerkt werden, daß 1,45 in verdünnter Salpetersäure gelöst, 1,196 $AgCl = Cl\ 0,2959$ gaben, also



$$2Tl = 408 = 79,3$$

$$3Cl = 106,5 = 20,7$$

$$\underline{514,5}$$

gefunden.

$$20,4$$

Dithalliumchlorid und Doppelsalze.

Durch frühere Untersuchungen hat sich schon ergeben, daß das dem braunen Oxyde entsprechende Trichlorid $TlCl^3$ oder besser Hexachlorid $= TlCl^6$ eine farblose lösliche Verbindung ist, welche zwar krystallisirt, aber an der Luft zerfließt. Von weit mehr Beständigkeit sind seine Doppelsalze mit KCl und $AmCl$, ja sie gehören zu den bestkrystallisirten Thalliumsalzen, deren Form und Zusammensetzung sich aus dem Nachfolgenden ergibt.

Kaliumdithalliumchlorid.

Ammoniumdithalliumchlorid.

Setzt man zu der Auflösung des braunen Tl^2O^3 in Chlorwasserstoffsäure Chlorkalium, so bilden sich im Exsiccator große farblose und durchsichtige Krystalle, welche beim ersten Blick regulär (Oktaeder mit Würfel und Gratoeder) erscheinen, in Wahrheit jedoch viergliederig sind.

Ganz eben solche Krystalle erhält man bei Anwendung von Chlorammonium.

Sie sind *viergliedrige* Combinationen eines Quadrat-oktaeders (Hauptoktaeder) *o* mit der Abstumpfung der Endkanten durch das erste stumpfere *d* (beim Ksalz nicht beobachtet), dem ersten Prisma *p*, dem zweiten *a*, und der Endfläche *c*, also

$$\begin{aligned} o &= a : a : c \\ p &= a : a : \infty c \end{aligned}$$

berechnet.

$$\begin{aligned} o \left\{ \begin{array}{l} 2A = 116^\circ 12' \\ 2C = 96 \quad 44 \end{array} \right. \\ d \left\{ \begin{array}{l} 2A = 127 \quad 46 \\ 2C = 77 \quad 0 \end{array} \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} o : c &= \\ o : p &= 138 \quad 22 \\ d : a &= 128 \quad 30 \\ c &= 141 \quad 30 \\ o &= 148 \quad 6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= a : c : \infty a \\ a &= a : \infty a : \infty c \\ c &= c : \infty a : \infty a \end{aligned}$$

beobachtet.

Am salz.	K salz
115° 58'	
96 40	97° 13'
*131 38	131 30
139 ung.	138 33
128 40	
141 0	
148 0	

Hieraus folgt

$$a : c = 1 : 0,7954 = 1,257 : 1$$

Die Krystalle des Ammoniumsalzes sind öfters durch Vorherrschen einer Fläche *p* unsymmetrisch.

Die Analyse des Kaliumsalzes geschah folgendermaßen: 1,305 Grm., in Wasser aufgelöst, wurden mit Barytwasser gefällt. Der braune Niederschlag lieferte 0,59 $\text{Ti}^2\text{SO}^4 = \text{Ti} 0,4776$. Das Filtrat, vom Baryt befreit, gab 0,553 $\text{K}^2\text{SO}^4 = \text{K} 0,2479$. — 0,682 lieferten 1,007 $\text{AgCl} = \text{Cl} 0,249$.

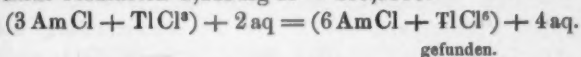
1,588 verloren über Schwefelsäure 0,093; bei 100° entstand kein weiterer Verlust.

Das Salz ist also



3 K = 117 =	20,53	gefunden.
Ti = 204 =	35,80	19,00
6 Cl = 213 =	37,37	36,60
2 aq = 36 =	6,30	36,53
		5,87
570	100.	98,10.

1,24 des Ammoniumsalzes gaben, mit Ammoniak gefällt, 0,559 bei 100° getrocknetes $\text{Ti}^2\text{O}^3 = \text{TiO},50$. Aus dem Filtrat resultirten $2,145 \text{ AgCl} = \text{ClO},5306$.



3 Am	=	54	=	10,65	
Ti	=	204	=	40,24	40,32
6 Cl	=	213	=	42,01	42,79
2 aq	=	36	=	7,10	
		507		100.	

Wilm führt an, daß Kaliumsalz krystallisire in Würfeln und sey $(3 \text{ KCl} + \text{TiCl}^3) + 3 \text{ aq}$. Aus seinen analytischen Daten:

Ti	33,15
Cl	38,76
aq	4,81

würde aber weit eher das Verhältniß $4 \text{ KCl} + \text{TiCl}^3$ folgen. Doch ist es zweifellos, daß es sich hier um dieselbe Verbindung handelt.

Aehnliches gilt von dem Ammoniumsalze. Wilm behauptet, es krystallisire regulär und enthalte 42,26 Ti und 44,0 Cl. Es würde $3 \text{ AmCl} + \text{TiCl}^3$, der Wassergehalt aber weniger als 1 Molekül seyn.

Diese Doppelsalze werden vom Wasser nicht zersetzt, auch nicht beim Kochen. HCl entwickelt kein Cl. Ueberschuß von Alkalien scheidet aus ihnen braunes Ti^2O^3 aus, enthält die Auflösung jedoch hinreichend HCl , so giebt Ammoniak keinen Niederschlag. KJ fällt ein Gemenge von TiJ und J ; SO^3 scheidet TiCl ab; H^2S und Schwefelalkalien geben hellbraune Fällungen.

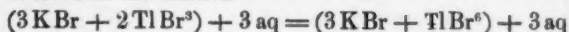
Kaliumdithalliumbromid.

Fällt man das Bromür aus einem Thalliumsalze durch Bromkalium und digerirt es mit wässerigem Brom, so erhält man eine farblose Lösung, welche mit KBr ein Doppelsalz in schwach gelben Krystallen giebt. Es sind anscheinend reguläre Formen, Würfel mit Oktaeder und

Granatoeder, aber ihre Flächen sind nicht glänzend genug, um dies durch Messungen zu beweisen; die erhaltenen Werthe schwanken um die einer regulären Combination zukommenden.

3,663, in ähnlicher Art wie vorher zerlegt, gaben 1,433 $\text{Ti}^3\text{SO}^4 = \text{K } 0,3344$ und $4,717 \text{ AgBr} = \text{Br } 2,0072$.

Dies Salz ist danach



		gefunden.
3K = 117 =	9,00	9,13
2Ti = 408 =	31,41	31,67
9Br = 720 =	55,43	54,80
3aq = 54 =	4,16	
	1299	100.

Frühere Angaben von Nicklès und Wilm beziehen sich auf ein in gelben Nadeln krystallisirtes Ammoniumsalz $3\text{AmBr} + \text{TiBr}^3$ mit verschiedenen Wassermengen.

Kaliumdithalliumjodid.

Digerirt man TiJ mit einer Auflösung von Jodkalium und freiem Jod, so löst es sich zu einer dunklen Flüssigkeit auf, welche beim Verdunsten über Schwefelsäure schwarze Krystalle giebt, deren Pulver intensiv roth ist.

Ihre Form ist *regulär*. Oktaeder (σ) und Würfel (α)

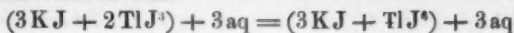
gemessen.		berechnet.	
$\sigma : \sigma = 109^\circ$	0'	109°	28'
$\sigma : \alpha = 125$	30	125	16

sehr glänzend, rubinroth durchsichtig.

Sie werden von Wasser unter Abscheidung von TiJ und freiem Jod zersetzt, sind aber in Alkohol löslich. Auch in gelinder Wärme verlieren sie Jod und verwandeln sich in ein Gemenge von KJ und TiJ .

3,773 wurden mit einer Auflösung von schwefliger Säure behandelt. Es schieden sich $1,425 \text{ TiJ} = \text{TiO}, 87825$ und $\text{JO}, 54675$ aus; das Filtrat gab dann $3,554 \text{ AgJ} = \text{J } 1,92067$ und zuletzt wurden $0,624 \text{ K}^2\text{SO}^4$ erhalten = $\text{KO}, 2797$.

Das Salz ist also



3K =	117 =	6,79	gefunden.	7,42
2Tl =	408 =	23,70		23,23
9J =	1143 =	66,38		65,40
3aq =	54 =	37,13		
	<u>1722</u>	<u>100.</u>		
TlJ		38,4		37,77

Wilm hat schon früher auf dieselbe Art ein ganz ähnliches Salz, angeblich in Würfeln krystallisirt, beschrieben. Dies muß aber wasserfreies



gewesen seyn. Denn er fand Jod frei bei 100° 34,95 bis 37,95

TlJ	42,84 =	Tl	26,4
	44,02 =		27,13
KJ	19,9 =	K	4,67
	21,02 =		4,94,

während die Formel verlangt

K	39 =	5,19	
Tl	204 =	27,16	
4J	508 =	67,65	$\frac{1}{3} = 33,87$
	<u>751</u>	<u>100.</u>	

Die *Oxydsalze des Dithalliums* werden bekanntlich durch Wasser sofort unter Abscheidung von Tl^2O^3 zersetzt.

Ich habe das letztere, wie es aus der Zersetzung des Sulfats hervorgeht, nach dem Auswaschen mit kaltem Wasser und Trocknen an der Luft näher untersucht. Es enthielt 84,66 Proc. Tl und nur $1,8\text{SO}^3$, ist also wohl kein basisches Salz, wie man glauben konnte, aber auch nicht Tl^2O^3 , sondern wahrscheinlich $\text{H}^3\text{Tl}^2\text{O}^4$.

Die kleinen Krystalle des *Sulfats*, welches nach Strecker $\text{Tl}^2\text{S}^2\text{O}^9 + 5\text{H}^3\text{O}$, vielleicht $\text{H}^2\text{Tl}^2\text{S}^2\text{O}^{10} + 4\text{aq}$ ist, lassen keine Bestimmung zu.

Das *Nitrat*, nach demselben Chemiker $= \text{Tl}^2\text{N}^6\text{O}^{18} + 6\text{aq}$, ist zerfließlich, verwittert aber im Exsiccator. So weit

das Ansehen der Krystalle ein Urtheil erlaubt, scheinen es sechsgliedrige Combinationen eines Rhomboeders mit einem Endkantenwinkel $= 98^\circ$ und des zweiten Prismas zu seyn, in denen das letztere vorherrscht.

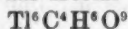
Das *Acetat* läßt sich leicht in ansehnlichen Krystallen erhalten. Frisch gefälltes $\text{Th}^{\circ}\text{O}^{\circ}$ löst sich bei anhaltendem Erhitzen in starker Essigsäure vollständig auf. Bei freiwilligem Verdunsten schießt das Salz in tafelfartigen Krystallen an, welche *zweigliedrig* sind, die Flächen eines Rhombenoktaëders o , des zweifach stumpferen zweiten Paares $\frac{q}{2}$ ($2b:c:\infty a$), und die Hexaidflächen b und c zeigen, welche letztere die Tafelform bedingt.

Es ist an ihnen

	berechnet.	beobachtet.
$2A =$		$*123^\circ 30'$
$o \begin{cases} 2B = & 79^\circ 34' \\ 2C = & \end{cases}$		$*129 \quad 0$
$\frac{q}{2} : \frac{q}{2} =$	122 22	122 20
$c =$	151 11	152 5
$b =$	118 49	118 45
$o : b =$	118 15	118 15
$c =$	115 30	116 0.

Hieraus folgt $a:b:c = 0,6146:1:1,10$. Sie sind farblos, durchsichtig, glänzend, auf $\frac{q}{2}$ etwas gekrümmt, auf c gestreift parallel der Kante mit jenen, und bräunen sich schon an der Luft.

Nach Wilm wäre das Acetat



also ein basisches Salz.

Isomorphie der Salze des Thalliums mit den Salzen einwerthiger Metalle.

Wenn es wahr ist, daß Chlor-, Jod- und Fluorthallium in Würfeln krystallisiren, so würden sie allerdings die Form der Haloidsalze von Kalium u. s. w. haben, doch

sind ihre Formen noch nicht sicher bekannt, und jene Angabe beruht nicht auf Messungen, sondern auf einfacher Beobachtung mikroskopischer Krystalle von TiCl , TiJ u. s. w. ¹⁾.

Ganz entschieden aber tritt die Isomorphie bei den Oxysalzen hervor, wie folgende Uebersicht zeigt:

Nitrate.

Die Nitrate der R sind dimorph, theils sechsgliedrig, theils zweigliedrig. Zu den sechsgliedrigen gehören:

	Endkantenw. des Hpt.- Rhomboëders.	Axenverhältn. $a:c$
Na NO^3	$106^\circ 30'$	1:0,827 Brooke
Cs NO^3	$106 \quad 40$	1:0,824 Bunsen
Rb NO^3	desgl.	

Zweigliedrige.

	$a:b:c$
Am NO^3	0,9484:1:0,857 Marignac
K NO^3	0,5843:1:0,7028 Rg.
Ag NO^3	0,9429:1:1,3697 Brooke.

Zu dieser Reihe gehört das Thalliumnitrat, TlNO^3 , nach den Untersuchungen von Miller, Des Cloizeaux, Lang und von mir. Aus den Messungen des Ersteren folgt

$$a:b:c = 0,511:1:0,651.$$

Speciell verglichen mit dem Kaliumsalz, zeigt das Thalliumnitrat zwar erhebliche Winkelunterschiede, so daß z. B. die Kantenwinkel ihrer Hauptoktaëder sind.

KNO^3	TlNO^3
$2A = 131^\circ 36'$	$136^\circ 13'$
$2B = 90 \quad 56$	$86 \quad 15$
$2C = 108 \quad 40$	$110 \quad 5,$
während	
$o:p = 144 \quad 20$	$145 \quad 2,$

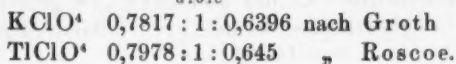
- 1) Auch Thalliumsiliciumfluorid soll in Würfeln krystallisiren, entsprechend dem regulären K^3SiF^6 .

aber solche Differenzen kommen auch anderweitig vor, und es darf nur daran erinnert werden, daß die vertikalen Spaltungsprismen beim Schwerspath und Cölestin um $2^{\circ} 20'$, die Rhomboëderwinkel von Kalkspath und Zinkspath um $2^{\circ} 35'$ differiren.

Perchlorate.

Die zweigliedrigen Formen des Kalium- und des Thalliumsalzes sind vollständig isomorph, denn es ist bei

$a:b:c$



Phosphate ¹⁾.

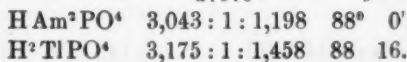
Trithalliumphosphat, Tl^3PO^4 , gleicht sehr dem entsprechenden Lithionsalz, ist fast unlöslich, und fällt bei Zusatz eines Ammoniaküberschusses zur Lösung eines der übrigen Thalliumphosphate.

Dithalliumphosphat, HTl^2PO^4 , schon früher von Lamy wasserfrei erhalten, ist seiner Form nach unbekannt. Das Hydrat, der Formel $2\text{HTl}^2\text{PO}^4 + \text{aq}$ entsprechend, ist nach Des Cloizeaux zweigliedrig. Die Form dieses Salzes stimmt aber so nahe mit der von $\text{H}^2\text{NaPO}^4 + \text{aq}$ (und dem Arseniat) überein, daß man glauben möchte, das Thalliumsalz enthalte doppelt so viel Wasser als angegeben wird, denn dadurch würde die Menge des Thalliums nur um 1,4 Proc., die des Phosphors um 0,1 Proc. kleiner zu seyn brauchen, worüber die Analyse wohl nicht sicher entscheiden möchte.

Das *Thalliumphosphat* H^2TlPO^4 ist wieder mit dem Diammoniumphosphat (und Arseniat) isomorph; beide sind zwei- und eingliedrig.

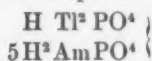
$a:b:c$

$^{\circ}$



1) Vergl. Berichte d. d. chem. Gesellschaft. 1870. S. 276.

Bekanntlich krystallisiren Ammonium- und Kaliumphosphat H^2RPO^4 (und die Arseniate) viergliedrig. Auch diese Form findet man bei einem Thalliumsalze wieder. Wenn man nämlich aus einer Auflösung eines solchen durch Ammoniak Tl^3PO^4 gefällt hat, und das Filtrat verdunstet, so erhält man quadratische Prismen, durch ein Quadratoktaëder zugespitzt, dessen Endkantenwinkel $120^\circ 30'$ mißt. Ganz dieselbe Form ($2A = 119^\circ 50'$) hat Des Cloizeaux an einem von Lamy auf gleiche Art dargestellten Salze beobachtet. Meine eigenen Analysen führen auf die Formel einer isomorphen Mischung.



	berechnet.	gefunden.	
H	1,02		
NH ⁴	8,34	7,95	8,24
Tl	37,81	38,76	38,93
P	17,24	16,75	16,74
O	35,59		
	100.		

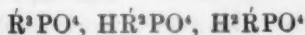
Lamy's Analyse entbehrt der Ammoniumbestimmung, daher ist seine Formel $Am^3TlP^2O^8$ nicht nothwendig richtig, jedenfalls hat er eine thalliumreichere Mischung untersucht.

Isomorph sind also

	$a : c$
H^3AmPO^4	1 : 0,712
H^3KPO^4	1 : 0,664
$5H^2AmPO^4$	1 : 0,711.
HTl^3PO^4	

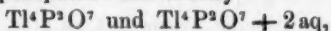
Jedenfalls ist die Isomorphie von H^2AmPO^4 und HTl^3PO^4 erwiesen, gleichwie die von $H^2NaPO^4 + aq$ und $HTl^3PO^4 + aq$ höchst wahrscheinlich ist.

Diese Thatsachen lassen uns erkennen, daß in den drei Phosphaten



das H isomorph R ist, was bisher bei den Natronsalzen wegen ihres ungleichen Wassergehalts sich nicht erkennen liefs. Ich habe aber früher schon gezeigt, dafs H^2 und R in Silikaten (Diopas, Euklas, Datolith) genau dieselbe Rolle spielen.

Von *Pyrophosphaten* hat Lamy

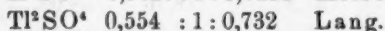
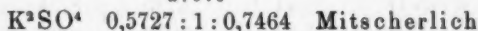


beide zwei- und eingliedrig nach Des Cloizeaux, beschrieben. Sie lassen sich mit dem allein bekannten $K^4P^2O^7 + 10aq$ nicht vergleichen.

Sulfate. (Seleniate, Chromate.)

Die (zweigliedrigen) Sulfate von K und Tl sind ebenfalls vollkommen isomorph.

$a:b:c$

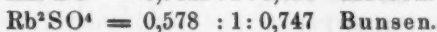
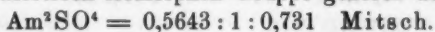


Bei beiden Salzen treten dieselben Flächen auf, nur das Oktaëder $\frac{o}{2}$ ist noch nicht beim Tl salz, und das dritte Paar $\frac{r}{2}$ nicht beim K salz beobachtet.

Die Prismenwinkel sind:

	K^2SO^4	Tl^2SO^4
$p:p$	$= 120^\circ 24'$	$122^\circ 2'$
$q:q$	$= 106 \quad 32$	$107 \quad 36$
$q^2:q^2$	$= 67 \quad 38$	$68 \quad 40$

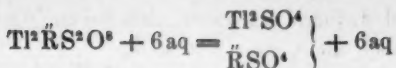
Zu derselben isomorphen Gruppe gehören überdies



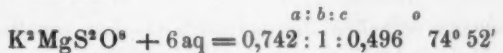
Es wird auch angegeben, dafs das selensaure und chromsaure Salz die gleiche Form haben.

Doppelsulfate der Magnesiumreihe.

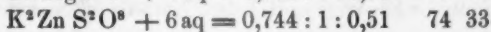
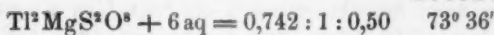
Werther hat gezeigt, dafs das Thalliumsulfat mit den Sulfaten zweiwerthiger Metalle (Mg, Zn, Ni, Fe) Doppelsalze bildet, welche den entsprechenden Sulfaten gleich,



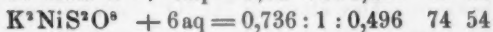
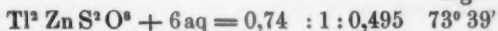
und diesen isomorph sind. Alle gehören zum zwei- und eingliedrigen System. Die Uebereinstimmung zeigt das Axenverhältniß.



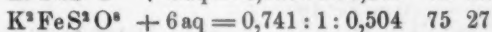
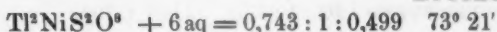
Brooke



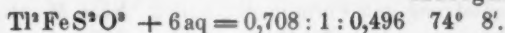
Rg.



Brooke



Marign.



Alaun.

Thalliumalaun, $\text{Th}^2\text{RS}^4\text{O}^{16} + 24\text{aq}$, von verschiedenen
 R ist nach den Beobachtungen von Miller, Pasteur, Werther, Willm u. A. isomorph mit den gewöhnlichen Alaunen.

Carbonat.

Kohlensaures Thallium, Th^2CO^3 , krystallisirt wasserfrei
zwei und eingliedrig, $a : b : c = 1,395 : 1 : 1,958$; $\theta = 85^\circ 13'$
 (Des Cloizeaux).

Hier ist keine Vergleichung möglich, da kein R^2CO^3 im wasserfreien Zustande krystallisirt bekannt ist.

Oxalate.

Von krystallisirten Oxalaten des Thalliums sind beschrieben ein normales, zwei Bioxalate und ein Quadro-
 xalat. Ihre Vergleichung mit den Oxalaten des K, Am,

Na, Li wird dadurch erschwert, daß bei einigen derselben die Form noch nicht ganz fest steht.

Normales oxalsaures Thallium, $\text{Th}^2\text{C}^2\text{O}^4$ krystallisirt wasserfrei zwei- und eingliedrig,

$$a : b : c = 1,138 : 1 : 2,24 \quad (\text{Des Cloiz.})$$

$$\alpha = 80^\circ 47'.$$

Dagegen enthalten die normalen Oxalate von K, Rb, Am 1 Mol. Krystallwasser und stimmen selbst in ihren Formen nicht überein, insofern die Salze von K und Rb zwei- und eingliedrig sind, das Am salz aber zweigliedrig ist.

Das *Bioxalat* des Thalliums ist wasserfrei und wasserhaltig bekannt. Das erste, HTlC^2O^4 , ist zwei- und eingliedrig,

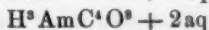
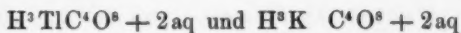
$$a : b : c = 1,02 : 1 : 1,69 \quad (\text{Des Cloiz.})$$

$$\alpha = 85^\circ 46'.$$

Das Bioxalat des *Kaliums* läßt hinsichtlich seiner Zusammensetzung und Form noch Zweifel. Nach Marignac entspräche es dem Thalliumsalz, wäre also wasserfrei, HKC^2O^4 , während meine Versuche weit mehr für $4\text{HKC}^2\text{O}^4 + \text{aq}$ sprechen. Seine von dem Genannten zwei- und eingliedrig gedeutete Form scheint aber in gar keinem Zusammenhang mit der des Thalliumsalzes zu stehen.

Auch das wasserhaltige Bioxalat, $2\text{HTlC}^2\text{O}^4 + \text{aq}$, welches nach Des Cloizeaux gleichfalls zwei- und eingliedrig krystallisirt, ist seiner Form nach unvereinbar mit dem von mir beschriebenen zweigliedrigen $2\text{HKC}^2\text{O}^4 + \text{aq}$, und die Bioxalate von Am und von Na, welche doppelt soviel Krystallwasser enthalten, stimmen nicht einmal unter sich überein.

Blos die *Quadroxalate* erweisen sich als isomorph. Die Salze



sind *eingliedrig*, und zwar sind die Hauptwinkel in den drei Kantenpaaren des Hexaids

	K salz.	Tl salz.
$a : b' =$	$102^{\circ} 14'$	$101^{\circ} 4'$
$a : p =$	$146 \ 32$	$147 \ 0$
$b' : c =$	$95 \ 40$	$96 \ 18$
$b : q =$	$119 \ 45$	$120 \ 15$
$b' : q' =$	$127 \ 37$	$128 \ 48$
$q : q' =$	$112 \ 38$	$110 \ 57$
$a : c' =$	$101 \ 10$	$98 \ 2$
$a' : r' =$	$133 \ 37$	$136 \ 15$
$c : r =$	$125 \ 13$	$125 \ 43$

Tartrate.

Normales weinsaures Thallium, $2\text{Ti}^2\text{C}^4\text{H}^4\text{O}^6 + \text{aq}$ ist ein zwei- und eingliedriges Salz, $a : b : c = 0,74 : 1 : 1,02$; $0 = 67^{\circ} 37'$ (Des Cloiz.). Das Kaliumsalz ist ganz gleich zusammengesetzt, wird von Hankel und von mir als zweigliedrig, von Marignac als zwei- und eingliedrig betrachtet. In keinem Fall aber bieten sich Vergleiche mit dem Thalliumsalze dar. Das Am salz aber ist wasserfrei (zwei- und eingliedrig).

Zweifach weinsaures Thallium $\text{HTlC}^4\text{H}^4\text{O}^6$ dagegen ist vollkommen isomorph dem Weinstein $\text{HKC}^4\text{H}^4\text{O}^6$. Beide sind zweigliedrig.

K salz.	Tl salz.
$a : b : c = 0,711 : 1 : 0,757$	Schabus $0,697 : 1 : 0,727$ Des Cloiz.

o {	$2A =$	$125^{\circ} 46'$	$126^{\circ} 38'$
	$2B =$	$100 \ 20$	$99 \ 50$
	$2C =$	$103 \ 38$	$103 \ 26$
	$p : p =$	$109 \ 8$	$110 \ 12$
	$q : q =$	$107 \ 12$	$108 \ 8$
	$q^2 : q^2 =$	$68 \ 18$	$69 \ 12$
	$q^3 : q^3 =$	$48 \ 40$	$49 \ 24$

Auch das Am salz hat gleiche Form.

Das *Doppelsalz* von Tl und Na, $\text{TiNaC}^4\text{H}^4\text{O}^6 + 4\text{aq}$ ist isomorph dem Seignettesalz $\text{KNaC}^4\text{H}^4\text{O}^6 + 4\text{aq}$. Beide sind zweigliedrig.

K salz. Tl salz.

$a : b : c = 0,832 : 1 : 0,429$ R. $0,849 : 1 : 0,430$ Des Cloiz.

Bei beiden finden sich dieselben Flächen (2p und r wurden beim Tl salz noch nicht beobachtet). Das Hauptoktaëder o tritt bei beiden als linkes Tetraëder, $v = \frac{1}{2} a : b : c$ meist vollflächig auf.

Auch $\text{AmNaC}^1\text{H}^4\text{O}^6 + 4\text{aq}$ hat gleiche Form. Lamy und Des Cloizeaux beschrieben noch ein anderes jedoch wasserfreies Doppelsalz $\text{Tl}^3\text{NaC}^3\text{H}^3\text{O}^{12}$, welches gleichfalls zweigliedrig ist.

Das weinsaure Antimon-Thallium $\text{Tl}(\text{SbO})\text{C}^4\text{H}^4\text{O}^6 + \text{aq}$ ist isomorph dem Brechweinstein $\text{K}(\text{SbO})\text{C}^4\text{H}^4\text{O}^6 + \text{aq}$. Beide sind zweigliedrig.

$a : b : c$

K salz	0,955 : 1 : 1,105	Brooke
Tl salz	0,999 : 1 : 1,003	Des Cloiz.

Das Hauptoktaëder des Thalliumsalzes zeigt aber keine Hemiedrie.

Paratartrate.

Nach Lamy ist das *traubensaure Thallium* wasserfrei, $\text{Tl}^3\text{C}^4\text{H}^4\text{O}^6$, und krystallisirt nach Des Cloizeaux in zwei unvereinbaren zwei- und eingliedrigen Formen

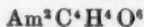
$a : b : c$ o

A	1,457 : 1 : 0,775	89° 40'
B	1,186 : 1 : 1,295	83 15.

Lamy und Des Cloizeaux fanden das K salz zwei- und eingliedrig, und die Analysen von Fresenius und Hauer beweisen, daß dies



ist. Nun ist aber das traubensaure Ammoniak nach de la Provostaye zweigliedrig, und nach Pasteur isomorph mit dem K salz. Da Fresenius das traubensaure Ammoniak =



fand, so scheint es auch ein wasserfreies K salz zu geben.

Eine Beziehung zwischen der Form dieses Salzes und der Form A des Thalliumsalzes wäre immerhin möglich.

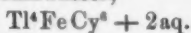
Pikrate.

Pikrinsaures Thallium ist wasserfrei und zwei- und eingliedrig.

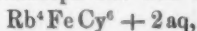
Die entsprechenden Salze von K und Am sind zweigliedrig.

Cyanüre.

Das *Thalliumeisencyanür* oder *Ferrocyanthallium* enthält nur 2 Mal Krystallwasser,



Es wurde von Wyruboff und von Des Cloizeaux gemessen, und ist isomorph mit dem *Rubidiumsals*



welches der Erstere und Piccard untersucht haben.

Beide Salze sind eingliedrig.

Die wenigen aus dem *Thalliumsesquioxyd* sich ableitenden Salze, welche bis jetzt krystallisirt bekannt sind, lassen sich nicht mit analog zusammengesetzten von Al, Fe, Mn, Cr, Au etc. ihrer Form nach vergleichen.

Die physikalischen Eigenschaften nähern das Thallium dem Blei (V. G.), die chemischen jedoch den Alkalimetallen. Das Hydroxyd ist ein Alkali, die Salze desselben sind isomorph den Alkalisalzen, die Schwerlöslichkeit der Haloidsalze erinnert an Silber, die spec. Wärme bestätigt das Atg. 204; das Thallium ist mithin einwerthig.

Allein gegen Ueberjodsäure verhält es sich wie Mangan, Kobalt und Eisen, wie diese bildet es ein Sesquioxyd, welchem Salze entsprechen, von denen die mit Oxyssäuren durch Wasser ebenso zersetzt werden, wie die Manganoxysalze.

Hiernach ist es vorläufig nicht möglich, dem Thallium einen festen Platz unter den Elementen anzuweisen, und es müssen seine Beziehungen zu den übrigen noch weiter erforscht werden.

**VIII. Der Meßkeil, Instrument zur genauen
Ausmessung der Dicke eines Körpers;
von P. Schönemann.**

Welche große Anwendung in der Mechanik und Technik die bewegliche schiefe Ebene in der Form als Keil und Schraube findet, ist bekannt. Besonders mannichfaltig ist die Verwendung der letzteren Gestalt. Einzig und allein ist die Schraube brauchbar, wenn es sich darum handelt, eine continuirlich wirkende Kraft zu einer ununterbrochen dauernden Arbeitsleistung zu verwenden.

Beispiele hierzu sind in Menge vorhanden. Durch die treibende Kraft des Dampfes in Bewegung gesetzt, entwässert die Schraube als Wasserschnecke überschwemmte Landesstrecken; als Schiffsschraube bahnt sie dem Menschen den Weg durch die Wogen des Weltmeeres. Als Ventilator rotirend erzeugt sie den erforderlichen Luftstrom, und umgekehrt macht sie den von der Natur dargebotenen Luftstrom des Windes als Windmühlenflügel dem Dienste des Menschen nutzbar.

Die angeführten Fälle zeigen, daß oft zu einer bestimmten Benutzung einer vorhandenen Kraft die Schraube der einfachste und vortheilhafteste Apparat ist.

Doch nicht für alle Zwecke ist die Form der Schraube die ausschließlich anwendbare. Z. B. können als Befestigungsmittel, Hebwerkzeug, Presse sowohl Keil als auch Schraube gebraucht werden.

Nägel und Schraube erfüllen den gleichen Zweck der Befestigung; zur Hebung eines Gebäudes wendet man sowohl den Keil als auch die Schraube an; zur Construction von Pressen sind ebenfalls beide Formen geeignet. Für specielle Fälle wird bald die eine, bald die andere Gestalt vorzuziehen seyn.

Außer in den am Anfange angeführten Beispielen hat aber bis jetzt noch die Form der Schraube in einem Falle

ausschließliche Anwendung gefunden, nämlich als Messapparat zur exacten Bestimmung geringer Dicken. Der zu diesem Zweck gebrauchte Apparat führt den Namen „Sphärometer.“ Das Princip desselben beruht darauf, daß man aus der einmaligen Umdrehung der Schraube ihre Hebung oder Senkung nach der bekannten Weite ihres Ganges bestimmen kann. Die ganzen Umdrehungen und ihre Bruchtheile werden an einer Kreistheilung abgelesen, woraus sich dann das Maafs für die Vor- oder Rückwärtsbewegung der Schraube, resp. der Dicke des untergelegten zu messenden Körpers ergibt.

Dieses Instrument wird schon wegen der bei seiner Anfertigung zu nehmenden technischen Rücksichten ziemlich kostbar. Ausserdem ist aber noch der Uebelstand vorhanden, daß man das richtige Gefühl für das Aufhörenlassen der Drehung sich erst durch längere Uebung erwerben muß.

Wie nun statt der complicirteren Gestalt der Schraube die einfache Form des Keils zur genauen Messung verwendet werden kann, soll in folgender Beschreibung des von mir construirten Messkeils dargelegt werden.

Geometrisches Princip. Fig. 2 Taf. IX.

Bewegt sich ein rechtwinkliges Dreieck abc , dessen Hypotenuse $ac = 10''$, dessen Kathete $ab = 1''$ ist, dergestalt zwischen den festen Linien mn und op , daß ac immer in mn hineinfällt, so wird bei einer derartig stattfindenden Verschiebung die Linie cb

- 1) stets parallel op bleiben,
- 2) wird die Entfernung zwischen der sich verschiebenden Linie cb und der festen Linie op immer den 10. Theil des Weges betragen, um welchen sich der Punkt c oder irgend ein anderer Punkt der Hypotenuse ac von seiner ursprünglichen Lage entfernt.

Ist z. B. das Dreieck abc aus der Lage I in die Lage II übergegangen, so daß der Punkt c auf den Punkt a zu

liegen kommt, so ist die Linie cb in die ihr parallele ab , übergegangen.

Es ist klar, daß während dieser Verschiebung der Punkt c die Strecke $ac = 10''$ durchlaufen hat, während die Linie cb sich um die Strecke $ab = 1''$ von der festen Linie op entfernt hat.

Was für den Punkt c gesagt ist, gilt natürlich auch für jeden anderen Punkt der Hypotenuse ac .

Vermittelst eines Nonius kann man den von Punkt c durchlaufenen Weg stets bis auf den 10. Theil einer Maafseinheit z. B. eines Millimeters bestimmen. Um also die zehnfach kleinere Entfernung der Linien cb und op zu haben, ist nur nöthig, das Komma des Decimalbruches, welcher die vom Punkte c durchlaufene Strecke angiebt, um eine Stelle nach links zu rücken.

Aus der angegebenen Construction des rechtwinkligen Dreiecks abc folgt, daß in Folge des gegebenen Verhältnisses $\frac{ab}{ac}$ der spitze Winkel acb derartig defnirt wird, daß $\sin acb = \frac{1}{10}$ ist.

Construction des Mefskeils. Fig. 3, Taf. IX.

Auf einem Brett $ABCD$ ist eine Messingplatte $abed$, auf dieser die Metallschienen $mbdn$ und oo, pp mittelst Schrauben und Stifte befestigt. Zwischen beide paßt der Metallkeil $efgh$ hinein. Der Sinus seines spitzen Winkels ist $= \frac{1}{10}$.

Eine Linie tt auf der festen Metallschiene $mbdn$ wird als Anfang der Theilung angenommen; von ihr beginnend ist die Schiene in Millimeter eingetheilt. Correspondirend tt befindet sich auf dem Metallkeil die Linie rr . Dieselbe bildet den ersten Theilstrich des Nonius, welcher die Entfernung der von einander sich verschiebenden Linien tt und rr bis auf den 10. Theil eines Millimeters angiebt.

Um die Verschiebung auszuführen ist auf dem Metallkeil bei k ein kleiner Griff angebracht.

Außerdem befindet sich in Brett und Platte ein Loch $l_1 l_2 l_3 l_4$, durch welches die zu messenden Gegenstände hindurchgesteckt werden.

Beim Gebrauch des Instruments Fig. 4 zieht man den Keil zurück, steckt den zu messenden Gegenstand durch das Loch $l_1 l_2 l_3 l_4$, und schiebt den Keil alsdann wieder so weit vor, als es die Dicke des zu messenden Körpers zulässt. Die wahre, sehr leicht abzulesende Entfernung der Linien tt und rr giebt die zehnfache Dicke des Körpers an. Die vorzunehmende Verrückung des Komma wird dem Ablesenden dadurch erspart, daß auf der getheilten Metallschiene die Strecken von 10, 20, 30 etc. Millimetern mit den Ziffern 1, 2, 3 etc. bezeichnet sind.

In Fig. 4 Taf. IX beträgt z. B. die Dicke des gemessenen Gegenstandes 2,98 Millimeter.

Das erste nach diesem Princip gefertigte Instrument ist vom Mechanikus Hrn. Kleemann für das physikalische Cabinet hiesiger Universität im Auftrage des Hrn. Geheime Rath's Prof. Knoblauch in sehr exacter Weise ausgeführt und am 14. Februar dem naturwissenschaftlichen Vereine vorgelegt. Besagter Apparat läßt eine Messung der Dimensionen von 0,01 bis 10 Millimeter zu.

Es wurden besonders gemessen Haarstärken, welche 0,06 bis 0,07 Millimeter betragen, und Papierdicken von 0,03 bis 0,28 Millimetern.

Die äußerst einfache Form des Instrumentes, seine solide Construction, die Genauigkeit seiner Messung sind sehr geeignet, demselben in technischen Kreisen auch eine weitere Verbreitung zu schaffen. Außer den angeführten vortheilhaften Eigenschaften hat der Meßkeil vor dem Sphärometer noch den großen Vorzug, daß beim Herverschieben des Keils an den zu messenden Körper die Dicke desselben ein zu zweites Vorrücken nicht gestattet.

Eine Menge von Gegenständen, deren Stärke im gewöhnlichen Leben mehr und mehr mit dem Auge und der fühlenden Hand geschätzt wird, können durch dieses einfache Instrument nun schnell und sicher gemessen werden.

Als Beispiele mögen hingestellt werden die Ermittlung der Stärken von Blech, Papier, Nägeln, Haaren, Fäden, Geweben, Samenkörnern etc.

Für bestimmte Zwecke kann die äußere Form des Apparates sehr verschiedenartig modificirt werden. Es liegt aber nicht im Zwecke dieses Aufsatzes, die verschiedenen möglichen Formen des Meßskeils darzustellen, sondern das Princip anzugeben und die Form mitzutheilen, welche in ihrer praktischen Ausführung durch ihre Resultate sich bis jetzt vortheilhaft bewährt und des Beifalls competenten Beurtheiler sich erfreut hat.

In Fig. 6 Taf. IX ist noch skizzirt, wie man durch einen in den festen Keil und die Unterlagsplatten angebrachten Einschnitt *abcd* bei bekannter genauer Entfernung der einander parallelen Linien *ac* und *bd* Gegenstände von größeren Dimensionen messen kann.

Wenn man den spitzen Winkel des Meßskeils derartig bestimmt, daß sein Sinus $= \frac{1}{100}$ ist (was man dadurch erreicht, daß man in Fig. 2 $ab = \frac{1}{10}$ macht) so ist es klar, daß man nach diesem Principe alsdann Messungen bis zur genauern Bestimmung des tausendsten Theils eines Millimeters ausführen kann.

In den erläuternden Zeichnungen Fig. 3, 4 und 5 sind die Dimensionen des Apparates in $\frac{2}{3}$ seiner ausgeführten natürlichen Größe gezeichnet. Die Millimeter-Theilung ist, der deutlichen Anschauung wegen, in der Zeichnung in unveränderter Größe beibehalten. Beim ausgeführten Apparat beträgt die Scale der eingetheilten festen Schiene 100 Millimeter.

Zur Anfertigung des durch obige Beschreibung und beiliegende Zeichnung erläuterten Meßskeils erklärt sich der Mechanikus und Eichmeister für die Provinz Sachsen, Hr. Kleemann in Halle (Mauergasse No. 5) für den Preis von 5 Thlr. 20 Sgr. bereit.

IX. *Ueber eine neue Form der Noë'schen
Thermosäule;*

von Prof. Dr. A. von Waltenhofen in Prag.

Herr Noë in Wien, von dessen vorzüglichsten thermoelektrischen Säulen ich schon im 143. Bande dieser Annalen eine ausführliche Beschreibung gegeben habe, erzeugt gegenwärtig eine besondere Gattung kleiner Säulen, welche wegen ihrer Leistungsfähigkeit, Compendiosität und zweckmäßigen Einrichtung bestens empfohlen zu werden verdienen.

Um es nämlich zu ermöglichen, daß die Säule durch die Flamme einer gewöhnlichen runden Weingeistlampe oder jene eines Bunsen'schen Brenners geheizt werden könne, sind die Elemente folgendermaßen eingerichtet:

Der in das eine Ende des positiven Metalles eingeschmolzene negative Draht ist von dieser Contactstelle ab unter einem spitzen Winkel zurückgebogen. In dieselbe Contactstelle ist ferner auch ein metallener Stift eingeschmolzen, welcher die Bestimmung hat, die aus der Heizflamme aufzunehmende Wärme der Contactstelle zuzuführen.

Zwanzig dergestalt eingerichtete Elemente sind in horizontaler Lage in der Ebene eines Kreises so angeordnet, daß die positiven Cylinder in die Radien dieses Kreises zu liegen kommen, während die Heizstifte sämtlich gegen den Mittelpunkt gerichtet sind. Es genügt also, in diesem Mittelpunkte eine Rundflamme anzubringen, um alle Heizstifte zu erwärmen.

Die Verbindung der Elemente untereinander wird durch Kupferblech-Streifen vermittelt, auf welche die ungleichnamigen Pole je zweier Elemente aufgelöthet sind. Diese Kupferblech-Streifen haben zugleich die Bestimmung die Wärme aus den Elementen abzuleiten und an die Luft abzugeben, wesswegen — um die Wirksamkeit zu erhöhen —

an dieselben noch Rollen dünnen Kupferbleches der Länge nach angelöthet sind. Die eben bezeichneten Wärmeableiter sind symmetrisch auf der Mantelfläche eines steifen, isolirenden Ringes befestigt und bilden mit diesem das Gestell. Die Säule hat somit im Wesentlichen die cylindrische Form. Da selbstverständlich die Heizstifte einander nicht berühren dürfen, entsteht im Mittelpunkt des Systems eine Lücke; damit die Flamme nicht ungenützt durch dieselbe hinausschlage, ist sie durch ein Glimmerblatt geschlossen, wodurch die Flamme genöthigt ist, den Weg zwischen den Heizstiften hindurchzunehmen, und somit den größten Theil der Wärme an diese abzugeben.

Fig. 7 Taf. IX gibt die schematische Scheitel-Ansicht einer solchen Säule. Es bedeuten: *a* die Contactstelle der Elemente, *b* den Heizstift, *c* den wärmeableitenden Kupferstreifen mit der Blechrolle, *d* den isolirenden Ring, an welchem die letzteren angeschraubt sind; *e* das Glimmerblatt. Im Gestelle ist ein cylindrischer Mantel aus Eisendraht-Geflecht so angebracht, daß er einerseits die Ausstrahlung der Wärme aus der Flamme gegen das Gestell abschwächt, und anderseits in der unten angegebenen Weise zur Aufstellung der Säule über einem Bunsen'schen Brenner dient.

Wird die Säule mittelst einer Spiritusflamme geheizt, so wird sie unmittelbar auf die Tischplatte gestellt. Bei Anwendung eines Bunsen'schen Brenners wird auf das Tragekreuz desselben eine Blechscheibe, und auf diese die Säule selbst mit dem bereits erwähnten cylindrischen Drahtnetze gesetzt. (Das Brennrohr muß hinreichend hoch seyn, damit das Gaszuleitungsrohr unter dem Fusse der Säule hinweggehen könne.) Bei dem Gebrauche hat man bloß darauf zu achten, daß die Flamme nicht bis an die Contactstelle *a* der Elemente schlage; die Heizstifte können bis zum Dunkelglühen erhitzt werden.

Die mit einer solchen 20 elementigen Säule ausgeführten Messungen haben für elektromotorische Kraft und Widerstand im Wesentlichen dieselben Werthe ergeben, welche

ich in meiner oben citirten Abhandlung als die Ergebnisse meiner mit der dort beschriebenen Säule angestellten Versuche ausführlich besprochen habe. Die elektromotorische Kraft der 20 elementigen Säule wurde nämlich mittelst der Tangentenbussole nach der Ohm'schen Methode $= 19,4$ (die elektromotorische Kraft eines Bunsen'schen Elementes $= 20$ gerechnet) gefunden. Eine Vergleichung nach der Fechner'schen Methode der großen Widerstände gab (auf die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes $= 12$ bezogen) die Zahl 19,1, also in beiden Fällen sehr nahe die elektromotorische Kraft 1 per Element¹⁾. Dabei waren die Heizstifte schwach glühend erhalten. Der Widerstand der ganzen Säule war 1,119 nach Siemens'schem Maafse, also 0,056 per Element, sehr nahe übereinstimmend mit den früheren Versuchen. Mit derselben 20 elementigen Säule habe ich auch folgende Vorlesungsversuche gemacht. Es wurde mit derselben ein kleiner elektromagnetischer Motor in Gang gesetzt, ferner ein dünner Platindraht bis zum Entzünden von Schießbaumwolle erhitzt und endlich bei Anwendung kupferner Elektroden (oder wenigstens einer kupfernen Anode) eine sehr lebhaft Wasserzersetzung bewirkt. Es braucht wohl kaum erinnert zu werden, daß zu diesem letzteren Versuche blanke Platinplatten nicht geeignet sind, wegen des mit Rücksicht auf die elektromotorische Kraft der Säule zu großen Betrages der Polarisation.

Selbstverständlich können solche Thermosäulen auch zum Betriebe von Inductionsapparaten z. B. für therapeutische Zwecke sehr wohl verwendet werden.

Der Preis von 12 Gulden ö. W. (ohne Lampe) muß in Betracht der guten Eigenschaften und sorgfältigen Ausführung der Säule als ein äußerst mäßiger bezeichnet werden²⁾.

1) Diesen Bestimmungen sind die Jacobi'sche (chemische) Stromeinheit und die Siemens'sche Widerstandseinheit — als die populärsten und in der Technik üblichsten — zu Grunde gelegt.

2) In wissenschaftlicher Hinsicht wäre nur zu wünschen, daß man das Material dieser Säule kennen lernte.

**X. Druck und elastischer Stofs;
von G. Hansemann.**

Im Band CXLIV, S. 86 bis 90 dieser Annalen, habe ich zu zeigen versucht, daß das Maafs des Druckes, welcher durch jeden einzelnen Stofs eines absolut elastisch angenommenen Gasmoleküles gegen eine feste Wand auf diese ausgeübt wird, nicht, wie Clausius lehrt und wie es jetzt allgemein angenommen wird, gleich $2mc$, sondern, wie Krönig annahm, gleich mc sey, unter m die Masse des Moleküls und unter c seine senkrecht zur Wand gerichtete Geschwindigkeitscomponente verstanden.

Hr. W. Sellmeier hat, hierauf Bezug nehmend, in diesen Annalen (Erstes Heft 1872 S. 162—164) eine kurze Betrachtung angestellt, welche nach seiner Meinung unwiderleglich beweisen soll, daß die Annahme von Clausius die richtige sey. In dieser Betrachtung läßt Hr. W. Sellmeier einen vollkommen elastischen Körper m unter dem Einflusse der Anziehung g abwechselnd auf eine horizontale Fläche fallen und wieder emporsteigen, und entwickelt alsdann den Druck so, welcher durch die Stöße des Körpers gegen die Fläche auf diese ausgeübt wird. Er findet:

$$p = q \frac{gm}{2},$$

unter q einen noch unbestimmten Faktor verstanden, der darüber entscheiden soll, ob die Ansicht von Clausius oder die von Krönig die richtige sey. Durch Gleichsetzung des erhaltenen Werthes für p mit dem Gewichtsdrucke des Körpers m :

$$p = gm$$

wird alsdann $q = 2$, was allerdings mit der Voraussetzung von Clausius und nicht mit derjenigen von Krönig übereinstimmen würde. Es scheint mir aber hier nothwendig, daran zu erinnern, daß die Gleichung:

$$\text{Gewicht} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung} \quad (1)$$

nur eine conventionelle ist, für welche eben sowohl

$$\text{Gewicht} = \frac{\text{Masse} \times \text{Beschleunigung}^1)}{2} \quad (\text{II})$$

gesetzt werden darf, wenn nur eine andere Voraussetzung in Betreff des Unbekannten: Masse, gemacht wird.

Der Gleichung (I) liegt diejenige Masse als Einheit zu Grunde, die in einem Körper enthalten ist, dessen Gewichtszahl der Beschleunigung gleich ist, welche die Schwere an dem Orte, wo sich der Körper befindet, erzeugt. Der Gleichung (II) liegt also eine doppelt so große Masse als Einheit zu Grunde, und es ist klar, daß sowohl das Eine, wie das Andere angenommen werden darf, so lange noch keine Gründe vorhanden sind, welche zu einer ganz bestimmten Voraussetzung zwingen. Würde nun bei der Betrachtung des Hrn. W. Sellmeier die Gleichung (II) zu Grunde gelegt worden seyn, so wäre dadurch $q = 1$ geworden, das Resultat hätte daher für die Ansicht von Krönig entschieden.

Obgleich hiernach die Betrachtung des Hrn. W. Sellmeier durchaus ungeeignet ist, darüber zu entscheiden, ob der Druck jedes einzelnen Stosses eines Gasmoleküles durch die einfache oder durch die doppelte Bewegungsgröße gemessen werden muß, also auch ungeeignet, die Differenz zu lösen, welche in *dieser* Beziehung zwischen den Begründern der dynamischen Gastheorie, Clausius und Krönig, besteht, so führt sie doch dahin, Uebereinstimmung in den Consequenzen zu schaffen, welche aus den von einander abweichenden Hauptgleichungen: $\frac{nm u^2}{2} = 3 p v$ nach Krönig, und $\frac{nm u^2}{2} = \frac{3}{2} p v$ nach Clausius, hervorgehen. Wenn nämlich bei der Betrachtung des Hrn. W. Sellmeier die Schlußfolgerungen in umgekehrter Weise gemacht werden, also aus der Gleichung für den Druck, welchen die Stöße eines Gasmoleküles erzeugen, die Gleichung für den Gewichtsdruck ab-

1) Oder Gewicht = $2 \times \text{Masse} \times \text{Beschleunigung}$, wie Redtenbacher und Andere annehmen.

geleitet wird, so ergibt sich, unter der Voraussetzung der *doppelten* Bewegungsgröfse als Maafs für den Druck jedes einzelnen Stofses, der Gewichtsdruck $p = mg$, und, unter der Voraussetzung der *einfachen* Bewegungsgröfse, $p = \frac{mg}{2}$.

Da nun der Werth für die Masse m nur wieder aus dem Gewichtsdrucke erhalten werden kann, so wird sich dieselbe bei Krönig immer doppelt so grofs ergeben, als bei Clausius, die beiden von einander abweichenden Gleichungen $\frac{nmv^2}{2} = 3pv$ und $\frac{nmv^2}{2} = \frac{3}{2}pv$ werden daher bei Vergleichen mit Erfahrungswerthen, wo die Masse durch das Gewicht ausgedrückt werden mufs, stets zu denselben Resultaten führen¹⁾.

Hiermit ist nun aber die Frage, ob der Druck des stofsenden Moleküles durch die einfache oder durch die doppelte Bewegungsgröfse gemessen werden müsse, keineswegs entschieden und die Entscheidung dieser Frage scheint mir jetzt um so wichtiger, als sie zu einer *ganz bestimmten* Beziehung zwischen dem Gewichte einer-, und dem Produkte aus der Masse und Beschleunigung andererseits

- 1) In „Ueber die innere Beschaffenheit der Gase (Bd. CXLIV dieser Annalen) habe ich das oben Dargelegte nicht berücksichtigt, und bin dadurch zu der irrthümlichen Ansicht geführt worden, dafs sich in Bezug auf die in einem Gase enthaltenen Arbeitsmengen aus der Gleichung von Krönig *andere* Consequenzen ergeben, als aus derjenigen von Clausius. Meine Betrachtungen über die Ursachen der Abweichungen vom Mariotte'schen Gesetze werden dadurch jedoch nicht beeinträchtigt. Ich versuchte diese Abweichungen darauf zurückzuführen, dafs die Gasmoleküle mit einer durchschnittlich *gröfsern* Geschwindigkeit gegen die Wände stiefsen, als diejenige, welche sich aus der mittlern lebendigen Kraft der Moleküle ergibt. Die Consequenzen, welche ich aus Gleichung von Krönig zog, bildeten nur eine *zwingende* Veranlassung zur Annahme dieses Umstandes. Derselbe widerspricht aber den Consequenzen, welche Clausius aus seiner Gleichung: $\frac{nmv^2}{2} = \frac{3}{2}pv$, gezogen hat, keineswegs, und die Annahme desselben ist schon durch das thatsächliche Bestehen der Abweichungen vom Mariotte'schen Gesetze hinlänglich motivirt.

führt. Denn, wenn Clausius Recht hat, so liegt ein zwingender Grund vor, nur:

$$\text{Gewicht} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung}$$

zu setzen; wenn dagegen Krönig's Ansicht die richtige ist, so darf nur:

$$\text{Gewicht} = \frac{\text{Masse} \times \text{Beschleunigung}}{2}$$

angenommen werden.

Es würde vielleicht dazu beigetragen haben, diese Frage nach der einen oder der andern Richtung hin zu entscheiden, wenn Hr. W. Sellmeier in etwa wenigstens auf meine Beweisführung gegen die Ansicht von Clausius eingegangen wäre. Er hätte sich alsdann auch ohne Zweifel überzeugt, daß mir das Mißverständniß, welches ich nach seiner Meinung begangen haben soll, in keiner Weise zur Last gelegt werden darf.

XI. Vorläufige Notiz über eine merkwürdige Thatsache beim Contact gewisser Flüssigkeiten mit sehr verschiedenen Oberflächenspannungen; von Hr. G. Van der Mensbrugghe,

Repetent an der Universität zu Gent.

(Mitgetheilt vom Hr. Verf. aus d. Bull. de l'Acad. roy. de Belgique, T. XXXIII.)

Jedesmal, wenn eine Flüssigkeit von starker Oberflächenspannung, welche Gase gelöst enthält, in Berührung gesetzt wird mit einer Flüssigkeit von schwacher Spannung, findet eine mehr oder weniger deutliche Entwicklung der in der ersteren gelösten Gase statt.

Diese Thatsache, die ich heute veröffentliche, um mir dieselbe zu sichern, die ich aber in einer besonderen Abhandlung ausführlich beschreiben werde, läßt sich durch

eine sehr große Zahl von Versuchen erweisen. Vorläufig will ich nur einiger derselben erwähnen.

I. Es genügt, ein Tröpfchen Alkohol oder Aether in destillirtes Wasser zu bringen, welches eine kleine Flasche von 3 oder 4 Centimetern Durchmesser zur Hälfte füllt, und die Flüssigkeit umzuschütteln, um sogleich ein lebhaftes Aufbrausen (effervescence) zu erhalten. Dieser Versuch ist vor langer Zeit von Hrn. Duprez beschrieben ¹⁾, aber ohne Erklärung. Es ist unmöglich, dieses Aufbrausen der durch Schütteln eingeführten Luft zuzuschreiben, weil Alkohol oder Aether allein und Wasser allein kein bemerkenswerthes Resultat in dieser Beziehung geben.

Der Versuch gelingt auch mit Benzin, Schwefelkohlenstoff, Kreosot, Terpentinöl, Olivenöl, Lavendelöl, Leinöl, Rübol, Süßmandelöl, Petroleum u. s. w. Man braucht nur das destillirte Wasser umzuschütteln, nachdem man einen mit einer Spur irgend eines fetten Körpers bestrichenen Glasstab hineingesteckt hat, um sogleich eine Entwicklung von kleinen Gasblasen deutlich entstehen zu sehen.

Wenn die das destillirte Wasser enthaltende Flasche nicht vollkommen von jeder fetten oder ätherischen Materie gereinigt ist, so bilden sich bald zahlreiche Gasblasen an den Punkt der Innenwand, wo diese Materie anhaftet.

II. Ein Oeltropfen, der sich auf der Oberfläche von destillirtem Wasser ausbreitet, erzeugt eine Entwicklung von Gasbläschen, die man leicht mittelst des Mikroskopes wahrnimmt. Diese Entwicklung ist, nach mir, die wahre Ursache der Bildung der *Cohäsionsfiguren*, wie Hr. Tomlinson sie nennt, d. h. der Zerfällung der ausgebreiteten Lamelle in eine Unzahl von Theilen, die eine Art von Netz bilden und sich nach und nach in immer weniger große Linsen zerlegen, bis die Gasentwicklung aufhört und die kleinen Linsen unendlich werden. Ich habe unter dem Mikroskop alle Phasen des Phänomens verfolgen können, die offenbar von unzähligen kleinen, sich unter den Lamellen entwickelnden Gasblasen herrühren.

Der Versuch läßt sich mit allen fetten und ätherischen Oelen, mit Schwefelkohlenstoff, Kreosot, Holzgeist u. s. w. anstellen.

Wenn irgend ein Oel mit Wasser in längerem Contact gehalten wird, so verliert bekanntlich die Trennungsfläche

1) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1838, Sér. I, T. V, p. 102.

beider Flüssigkeiten bald ihre Durchsichtigkeit. Diese so bekannte Thatsache erklärt sich durch die Entwicklung sehr kleiner Gasblasen, die das Oel mehr oder weniger verharzen, wodurch es unfähig wird das Licht hindurchzulassen.

III. Seit langer Zeit hat man beobachtet, daß Wasser desto schwieriger in's Sieden geräth, je besser es von aufgelösten Gasen befreit ist. Das Vorstehende läßt voraussehen, daß wenn man destillirtes Wasser mit z. B. Alkohol mischt, man einen großen Theil der gelösten Gase austreiben kann. Dieß bestätigt ein neuerer Versuch des Hrn. Kremers. Nachdem derselbe einen Theil Weingeist mit drei Theilen Wasser vermischt und stark erhitzt hatte, konnte er den Siedepunkt leicht auf 109° und selbst weit darüber steigen sehen, in dem Maasse als die flüchtige Flüssigkeit in stärkerem Verhältnisse verdampfte. Ich betrachte diesen Versuch als eine recht sonderbare Bestätigung meines Principes.

Die Flüssigkeiten mit schwacher Spannung begünstigen auch die Entwicklung von Dampfblasen wie die der Gasblasen. Dieß beweisen die Versuche des Hrn. Tomlinson. Derselbe hat beobachtet, daß fette Körper das Aufstoßen verhindern, während solide Körper, die vollkommen von jeder fettigen Materie befreit sind, diese Wirkung durchaus nicht haben.

IV. Bekanntlich entstehen die Brown'schen oder molekularen Bewegungen am energischsten in einem Gemisch von destillirtem Wasser mit irgend einer flüchtigen Flüssigkeit. In diesem Fall scheinen mir diese Bewegungen eine sehr einfache Folge meines allgemeinen Satzes zu seyn. Was ihre Existenz in einer homogenen Flüssigkeit betrifft, so würde es sich darum handeln zu wissen, ob die mikroskopischen Theilchen, an denen man schwache Erzitterungen gesehen hat, nicht mehr oder weniger fettig waren. Dann müßten diese Theilchen nothwendig zu einer Gasentwicklung Anlaß geben und folglich von Zeit zu Zeit ihre Lage ändern. Wenn die Körperchen absolut rein sind, können sie die besagten Bewegungen nicht zeigen; auch haben mehre Beobachter die Brown'schen Verschiebungen in einer homogenen Flüssigkeit nicht wahrnehmen können.

XII. Ueber die Wirkung des Ozens auf vulcanisirtes Kautschuk; von Prof. Arthur W. Wright.

(*American Journ. Ser. III, Vol. IV, p. 29.*)

Zur Sommerzeit ist es oft sehr schwierig, die Holtz'sche Elektromaschine zu bedeutender Wirksamkeit zu bringen oder auch nur länger als einige Minuten darin zu erhalten. Es findet sich, daß die Ebonit-Stützen ihr Isolationsvermögen in großem Maasse verloren haben und in solchem Grade leitend geworden sind, daß sich mehre Zoll entfernt von den Orten, wo sie die metallischen Theile tragen, ansehnliche Funken aus ihnen ziehen und somit den größern Theil der Ladung entweichen lassen ¹⁾. Dieß ist gewöhnlich der Fall, wenn die Maschine nach häufigem Gebrauch einige Wochen lang in der wärmeren Jahreszeit unbenutzt gestanden hat. Die Oberfläche des Ebonits wird hygroskopisch und verdichtet auf sich eine beträchtliche Menge Feuchtigkeit; zuweilen ist die verdichtete Flüssigkeit so reichlich, daß sie in Tropfen herabträufelt.

Nachdem ich einstens bemerkt hatte, daß diese Flüssigkeit einen sauren Geschmack besaß, wurde ich veranlaßt, sie näher zu untersuchen, und da fand ich denn sogleich, daß sie Schwefelsäure war. Die Gegenwart derselben erklärt zu Genüge die mangelhafte Isolation.* Aehnliche Niederschläge fanden sich auf den Bekleidungen zweier Inductionsapparate, nachdem sie einige Zeit gebraucht worden waren.

Da kein schwefelhaltiger Körper bei dem Apparat angewandt war, so stammte die Schwefelsäure offenbar aus dem Ebonite selbst. Der erste Gedanke war, daß dasselbe bei dem Prozeß der Vulcanisation so stark erhitzt worden, um den Schwefel zu oxydiren; allein da die schweflige Säure, wenn sie gebildet worden, durch die Hitze verjagt seyn würde, so konnte sie schwerlich als die Quelle der Schwefelsäure angesehen werden, zumal die letztere erst

1) Bei feuchter Witterung habe ich dieß selbst an Glasstützen beobachtet, die ich Versuchs halber einmal statt der von Ebonit in eine meiner Maschinen hatte einsetzen lassen. Uebrigens ist das Ebonit, als ein Artefact, nicht immer von gleicher Beschaffenheit, und der Künstler hat daher wohl darauf zu sehen, daß er ein von Rissen freies, gut isolirendes Material anwende. Allein selbst das beste wird, wenn es lange dem Sonnenschein ausgesetzt ist, entfärbt und auf der Oberfläche leitend.

nach dem Gebrauch der Maschine erschien. Bekanntlich wird das vulcanisirte Kautschuk vom Ozon angegriffen; die gewöhnlichen Kautschukröhren, durch welche dasselbe geleitet ist, werden sogar schnell durchbohrt. Am wahrscheinlichsten schien mir also, daß die Säure das Resultat der Einwirkung des Ozons auf das Ebonit sey, und diese Voraussetzung wurde durch Versuche vollkommen bestätigt.

Am Austrittsrohre des in einem früheren Aufsatz ¹⁾ beschriebenen Ozonisirungsapparat befestigte ich das eine Ende einer, wenige Zoll langen Röhre von vulcanisirtem Kautschuk, und schob das andere Ende derselben auf den Hals einer kleinen Waschflasche, die 30 bis 40 CC. Wasser enthielt. Nun wurde Luft langsam durch den Apparat getrieben, die, nachdem sie durch die Elektrizität stark ozonirt worden, blasenförmig im Wasser aufstieg. Dieser Proceß wurde anderthalb Stunden fortgesetzt und dann gewöhnliche Luft durch den Apparat geleitet, um das darin gebliebene Ozon auszutreiben, und, nach Entfernung der Röhren, die Flasche durch einen Glasstöpsel verschlossen. Als ich nach einiger Zeit die Flasche öffnete, machte sich ein unverkennbarer Geruch nach schwefliger Säure bemerklich, und das Wasser röthete Lackmuspapier schnell und stark. Ein Streifen Lackmuspapier so in der Flasche aufgehängt, daß er das Wasser nicht berührte, wurde in kurzer Zeit vollständig geröthet, selbst mehre Tage nach Anstellung des Experiments. Das Wasser, mit Chlorbarium geprüft, gab einen beträchtlichen krystallinischen Niederschlag, der keinen Zweifel an der Gegenwart von Schwefelsäure hinterließ.

Ein schmaler Streif von einer dünnen wohl gereinigten und getrockneten Ebonitplatte wurde in die Flasche gesteckt, in die zuvor das Ozon getrieben worden. Nach kurzer Zeit war es mit einer sauer schmeckenden Feuchtigkeit bethaut und zeigte dieselben Eigenschaften, die früher an den Stützen der Maschine gefunden wurden.

Um zu ermitteln, ob der Schwefel selbst direct durch Ozon oxydirt werden könne, wurde eine Portion Schwefelblumen sanft in eine lockere Flocke Baumwolle eingerieben, so daß sie möglichst zertheilt waren. Dann wurde die Baumwolle in eine trockene Waschflasche gebracht und letztere durch eine Glasröhre verbunden mit einer zweiten Waschflasche, die etwas Wasser enthielt. Alle Verbindungsrohren waren von Glas. Durch diese Flaschen wurde

1) Dieser Aufsatz soll nächstens mitgetheilt werden.

anderthalb Stunden lang Ozon geleitet, aber nach Ablauf dieser Zeit konnte nicht die geringste Spur einer Einwirkung des Ozons auf den Schwefel entdeckt werden. Diefs war wohl zu erwarten, denn da die Luft oft einen kleinen Ozongehalt besitzt, so müßte der ihr ausgesetzte Schwefel eine langsame Veränderung unter Gewichtsverlust erleiden, und es scheint nicht, daß man je so etwas beobachtet hätte.

Klar ist, daß so wie das Ebonit vom Ozon zersetzt wird, der Sauerstoff sich mit dem ausgeschiedenen Schwefel zu schwefliger Säure verbindet, welche unter Beihülfe der atmosphärischen Feuchtigkeit durch die fortgesetzte Wirkung des Ozons in Schwefelsäure verwandelt wird. Die Absorption der atmosphärischen Feuchtigkeit durch die schweflige Säure verursacht den beobachteten thauähnlichen Niederschlag.

Der nachtheiligen Wirkung auf die Isolatoren kann abgeholfen werden, wenn man die Säure mit einer Substanz neutralisirt, die keine hygroskopische Verbindung bildet oder das Isolationsvermögen des Ebonits nicht schwächt. Ich habe gebrannte und kohlen saure Magnesia mit gutem Erfolg angewandt. Ein Wenig einer dieser Substanzen wird auf weiches Tuch oder Gamsleder gestreut, und damit dann das Ebonit abgerieben. Der Ueberschuß wird mit feuchtem Tuch entfernt und dann die Oberfläche, nach Trocknung, Reinigung und Polirung durch Reiben mit weichem Wollenzeug, sehr schwach mit Schwefelkohlenstoff befeuchtet. Da das Ebonit von letzterer Substanz angegriffen wird, so muß aber von dieser sorgfältig nur so viel angewandt werden als nöthig ist, das Poliren zu erleichtern, ohne die Oberfläche zu verletzen. Das Ebonit wird durch diesen Proceß etwas entfärbt, allein die Farbe läßt sich durch Abreiben mit Oel wiederherstellen oder thut es nach einiger Zeit von selbst.

Wahrscheinlich läßt sich noch eine bessere Methode auffinden, allein schon diese giebt gute Resultate. Im vorigen Herbst, als die Elektromaschine einige Monate lang nicht gebraucht worden war, gab sie mit kleinen Flaschen nur Funken von Viertelzoll-Länge. Die Isolatoren waren ganz feucht beschlagen. Als indeß dieser Niederschlag durch den beschriebenen Proceß entfernt worden, gab die Maschine Funken von acht bis neun Zoll Länge, wie gewöhnlich.

auf
vir-
iefs
nen
efel
len,
tte.
etzt
efel
der
Vir-
Die
die
hn-

ab-
anz
ldet
cht.
tem
zen
da-
vird
ach
mit
len-
anz
nur
zu
onit
arbe
oder

ode
Im
nate
inen
oren
der-
den,
nge,





Fig. 9.



Fig. 10.

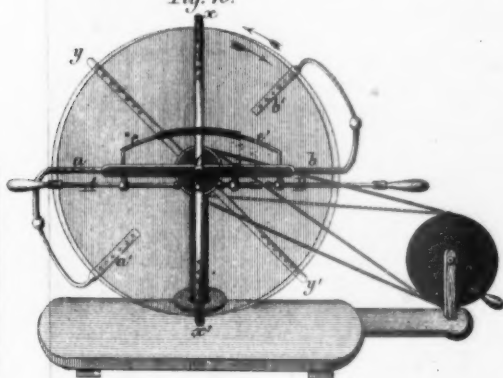


Fig. 11.

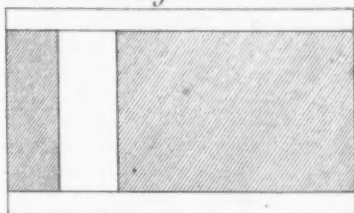


Fig. 12.

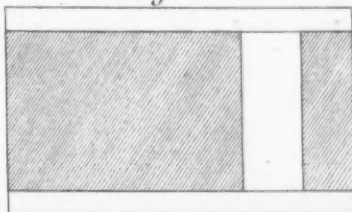


Fig. 3.

2.

1.

Fig. 4.

8.9.

4.5.

3.4.

2.3.

3.5.

8.15.

1.2.

Fig. 7.

\bar{c}

\bar{g}

\bar{c}

g

f

e

Fig. 9.

\bar{c}

g

e

e

Fig. 5.

1.3.

Fig. 10.

Handwritten notes in cursive script, likely bleed-through from the reverse side of the page.



1.3

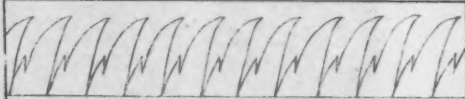
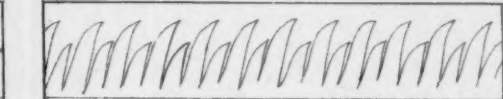
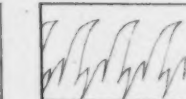
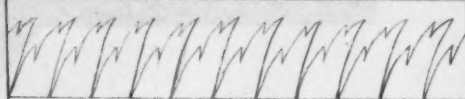
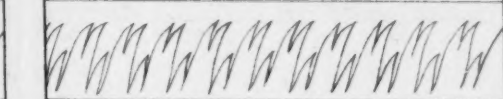
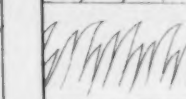
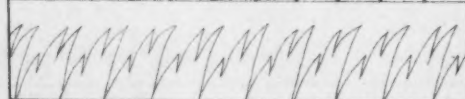
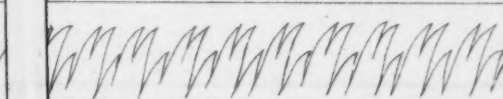
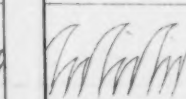
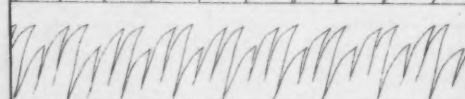
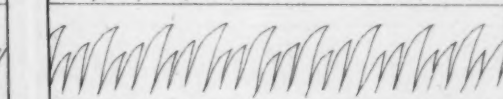
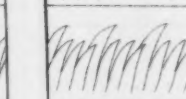
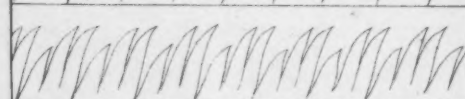
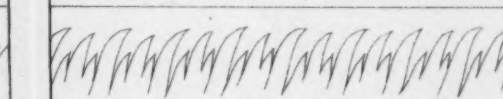
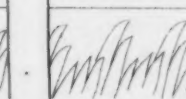
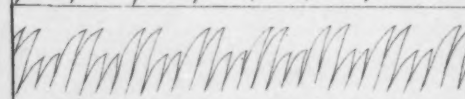
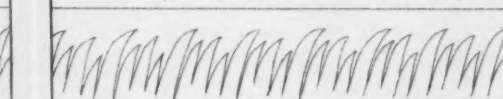
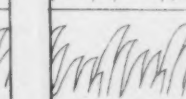
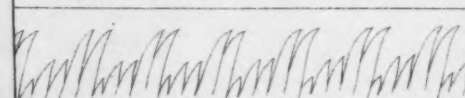
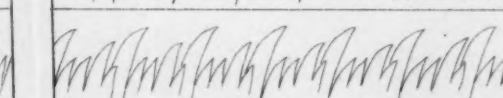
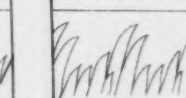
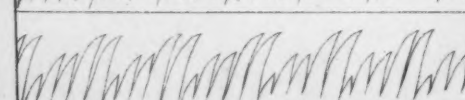
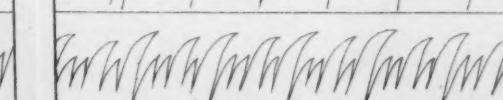
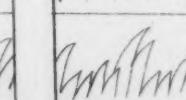
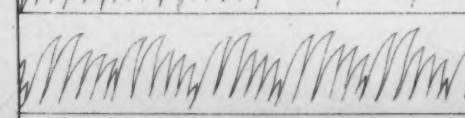
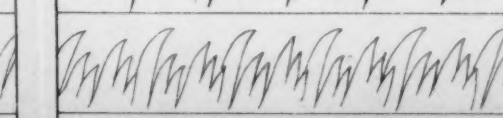
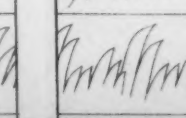
3

1

Fig. 8.

Flammenbilder der Vocale U, O, A, E, J gesungen

(Natürliche Grösse der Flamme)

Noten.	U. Characteristischer Ton - 448 v. s.	O. Characteristischer Ton - 896 v. s.	Characte
ē			
h			
a			
g			
f			
e			
d			
c			
H			

*J gesungen auf die Noten
e der Flammen zwischen 3 und 4*

A.

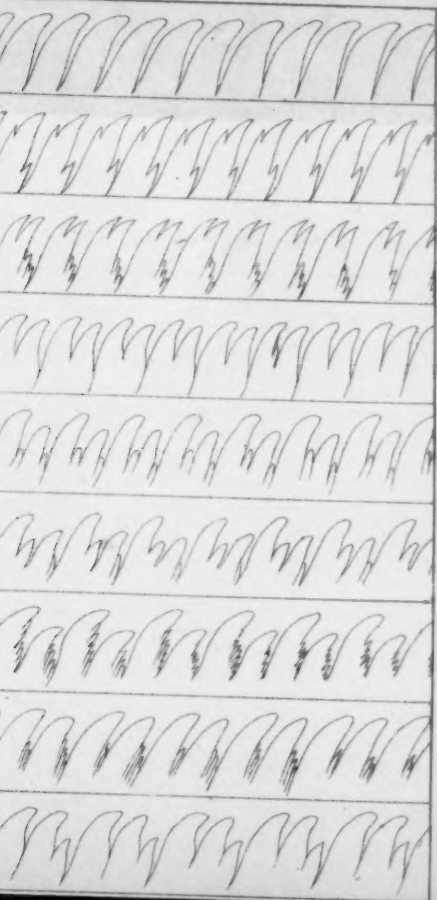
Charactéristischer Ton - 1792 n.s.



J gesungen auf die Noten der zwei Octaven von C bis c.—
(Länge der Flammen zwischen 3 und 4 Centimeter.)

<p><i>A.</i> Characteristischer Ton - 1792 v. s.</p>	<p><i>E.</i> Characteristischer Ton - 3584 v. s.</p>	<p>Characteri.</p>

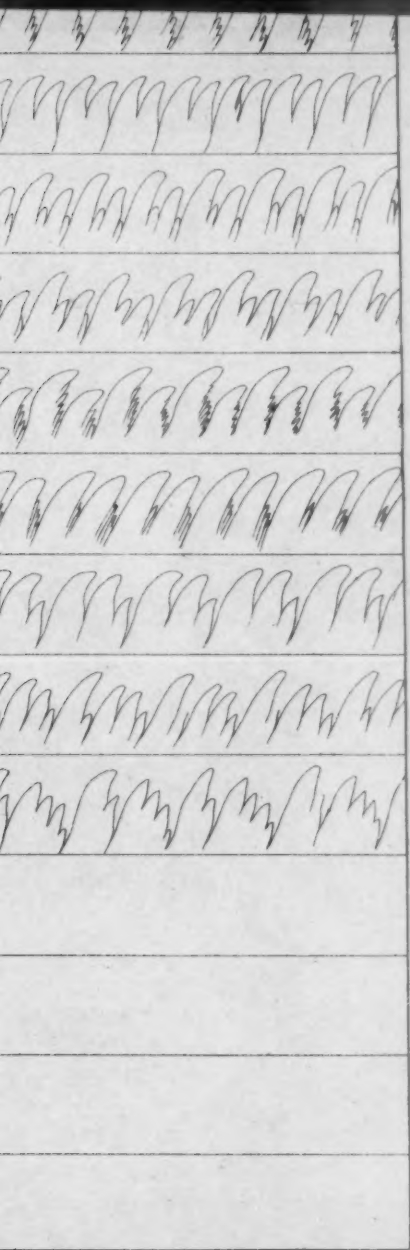
J.
Characteristischer Ton - 7168 v. s.











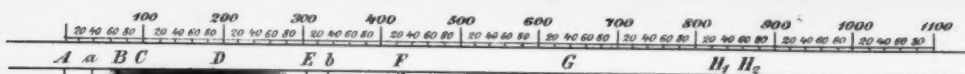


Fig. 2.

Fig. 3.

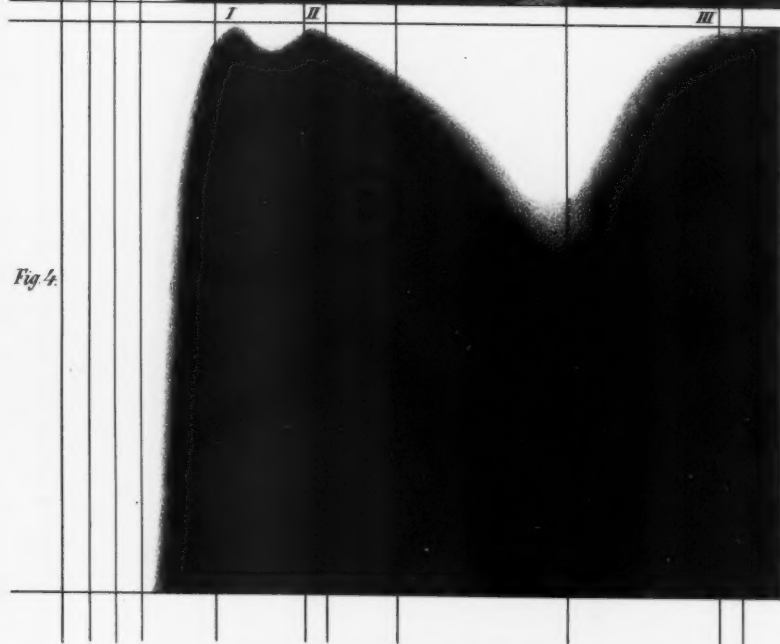


Fig. 4.

Spectrum des Nördlichts.

Fig. 9.

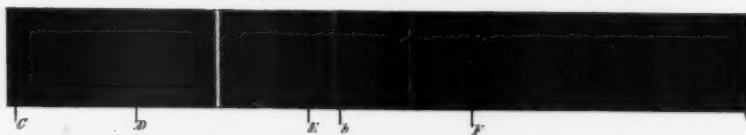


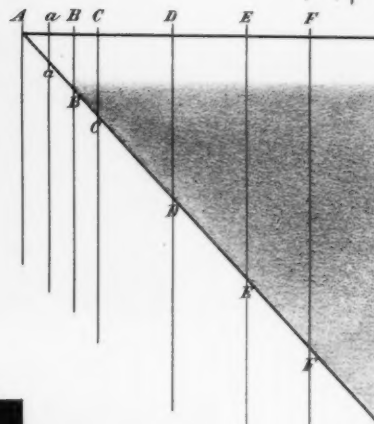
Fig. 10.



Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.



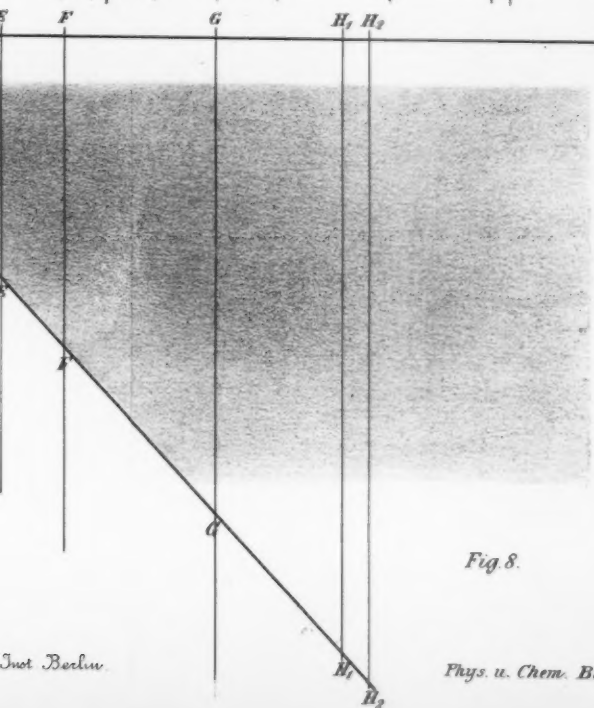
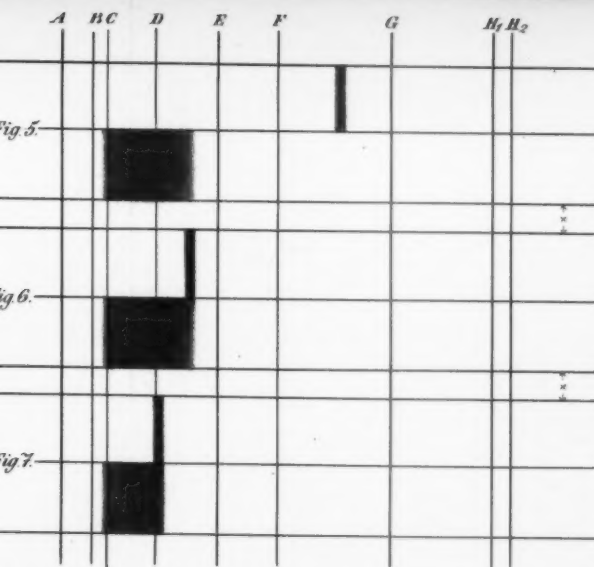


Fig. 1.



Fig. 2.

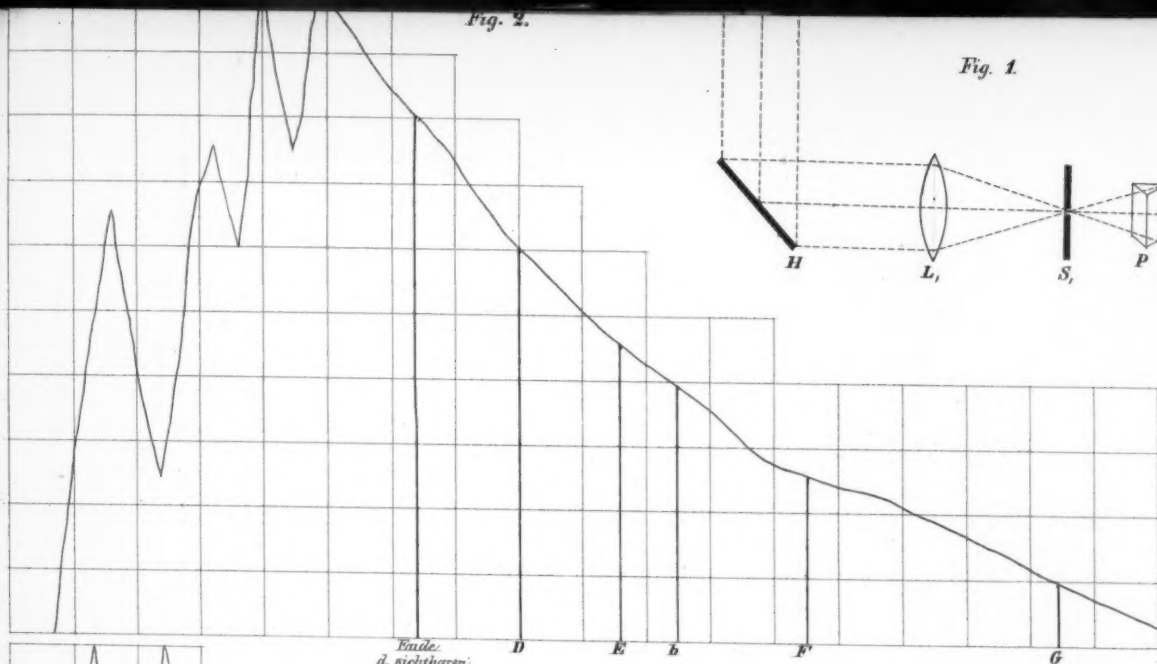


Fig. 5.

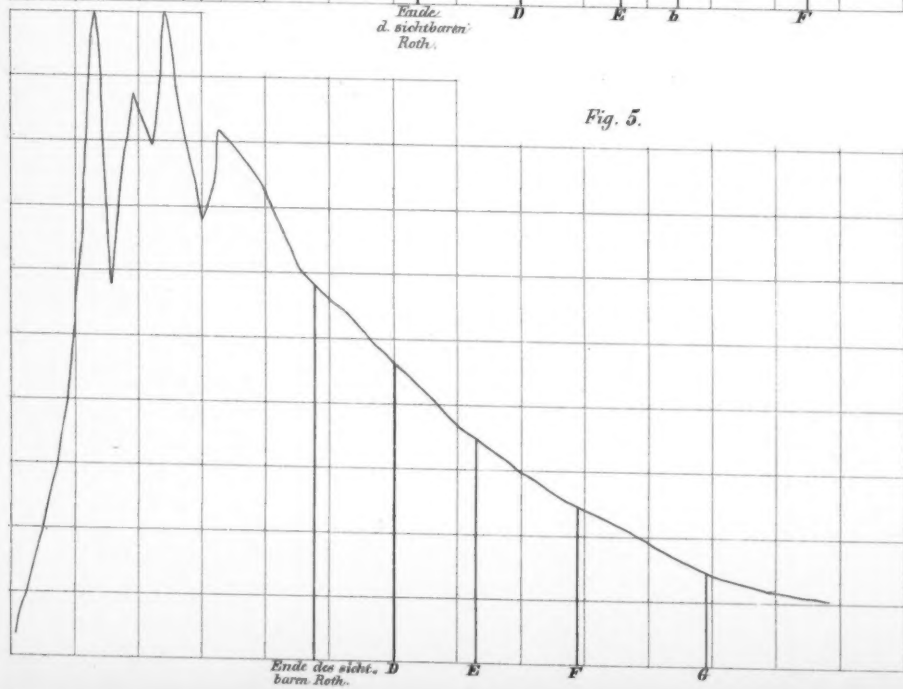


Fig. 1.

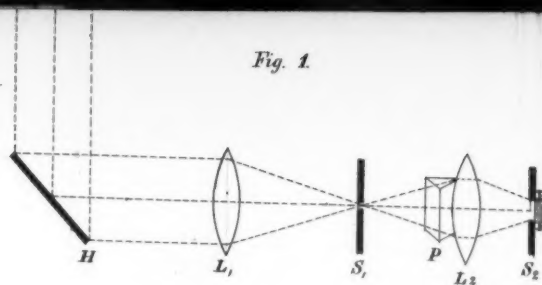


Abb. Schützger Licht. Inst.

Fig. 3.

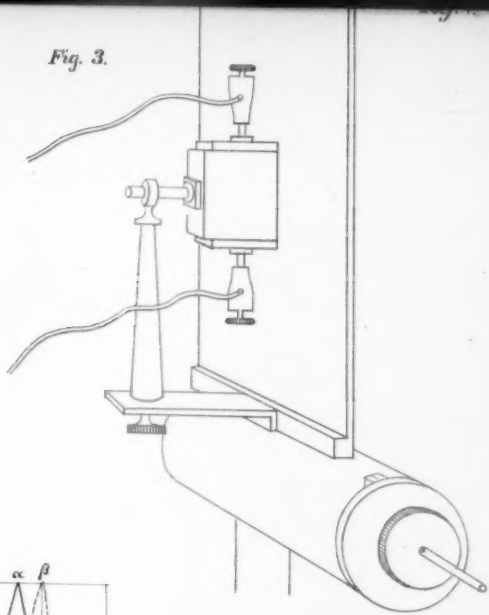


Fig. 4.

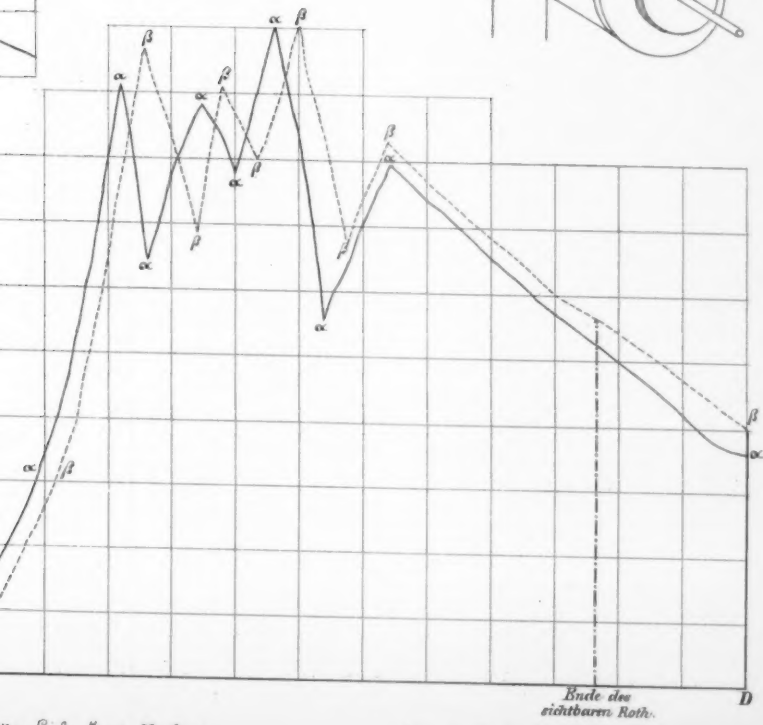


Fig. 13.

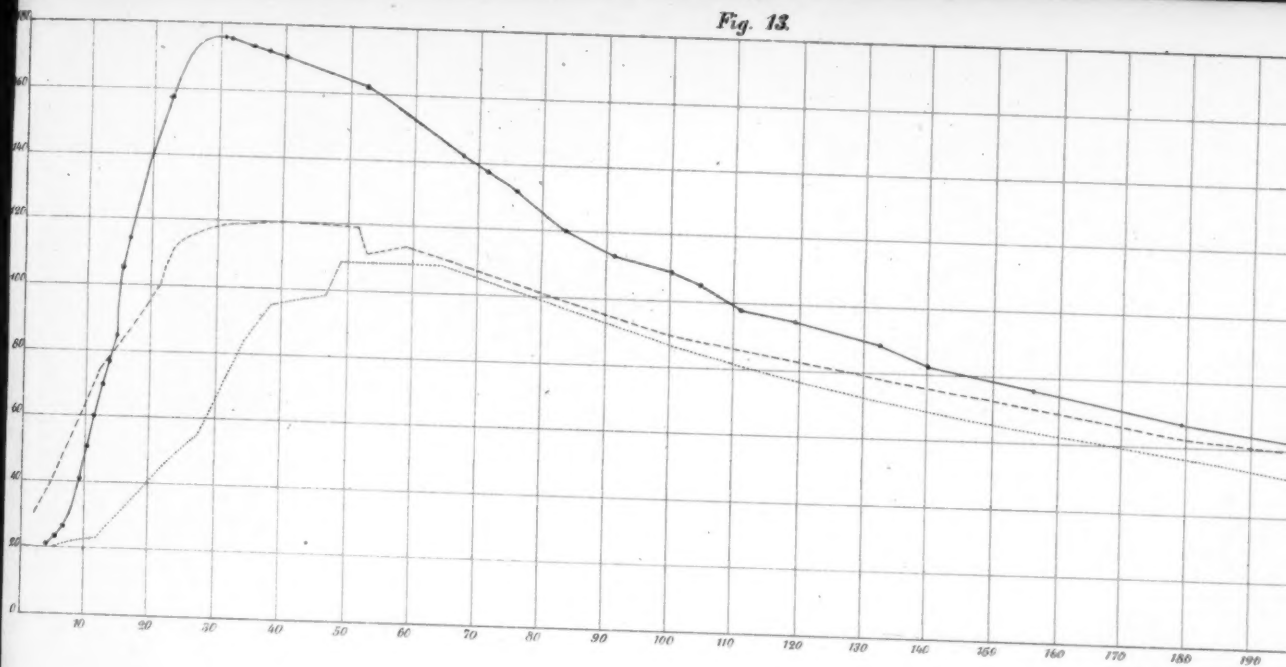


Fig. 10.

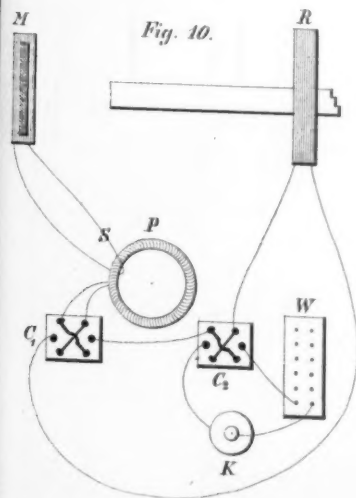


Fig. 11.

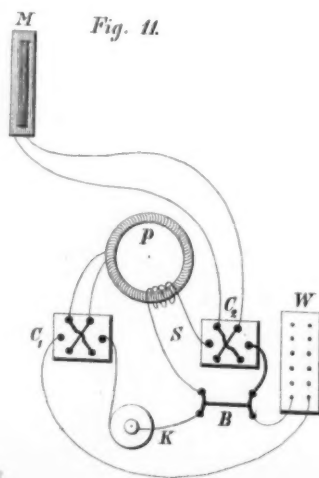


Fig. 8.

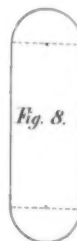


Fig. 12.

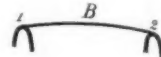


Fig. 9.

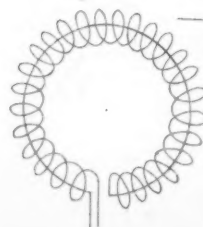


Fig. 1.

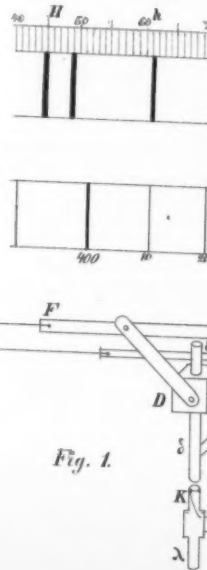


Fig. 2.

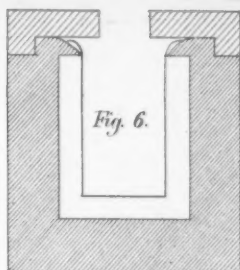
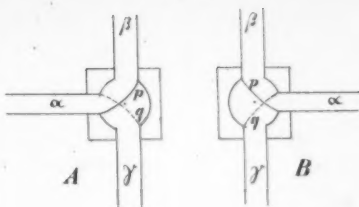


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

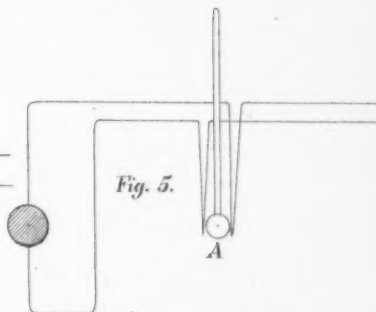


Fig. 7.

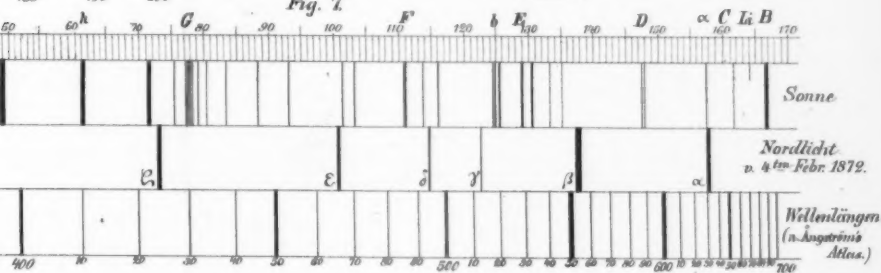


Fig. 1.

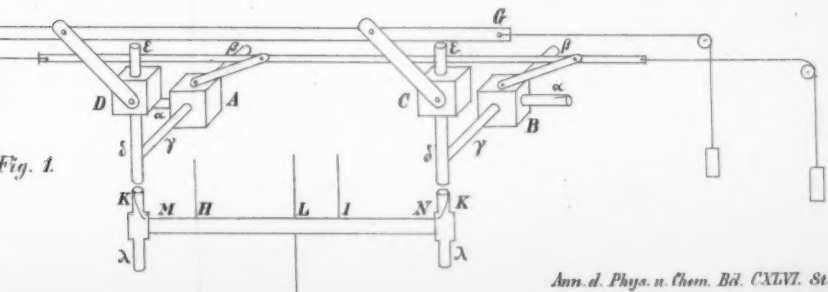


Fig. 1.

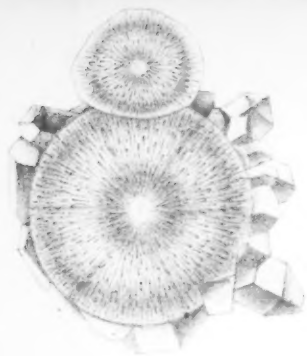
Taf. VII.



Meteorit von Ibbenbüren, gefallen 17. Juni 1870.

Fig. 2.

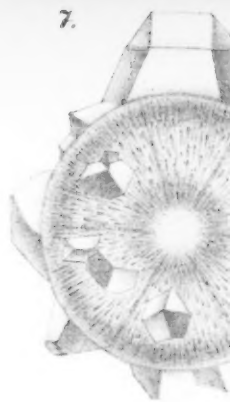




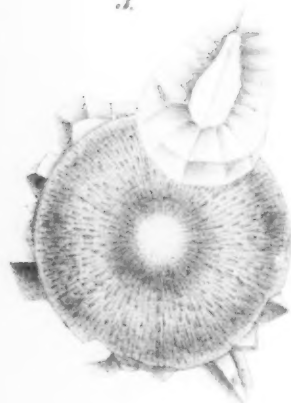
2.



7.



3.



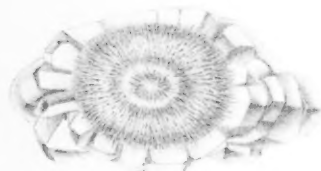
5.



6.



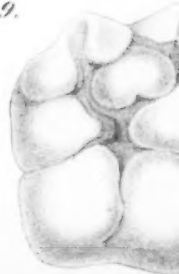
4.



8.



9.

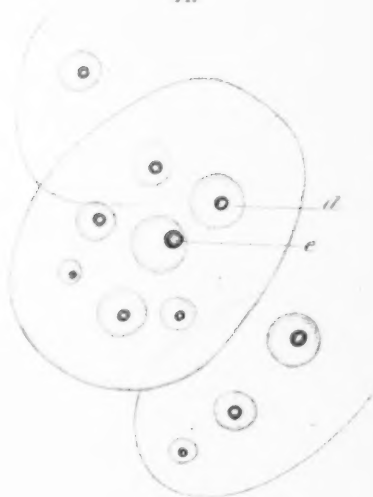


all the specimens from the same locality

10.



11.



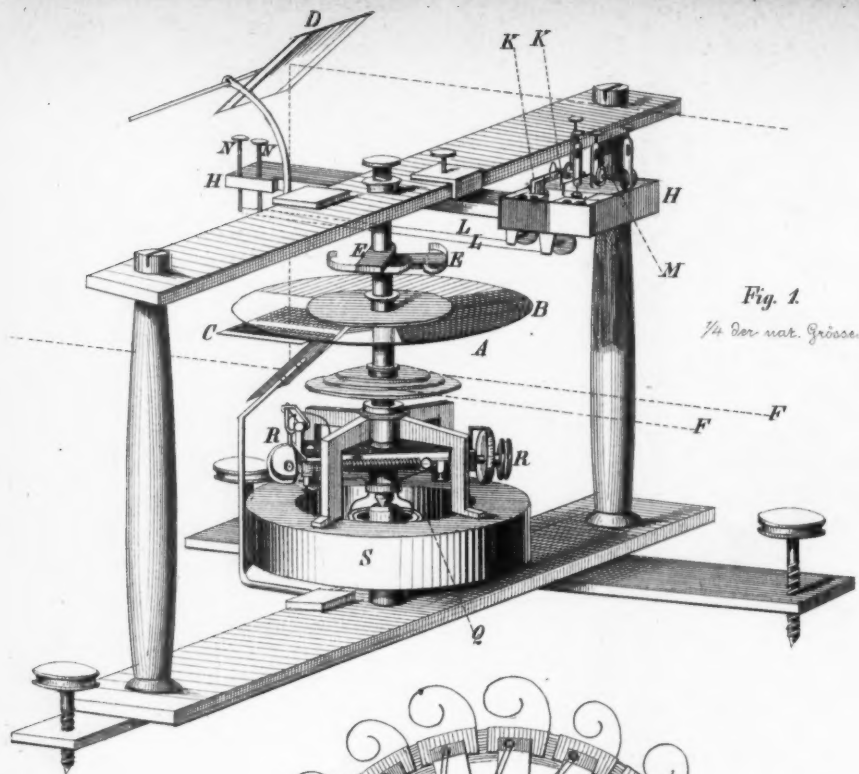
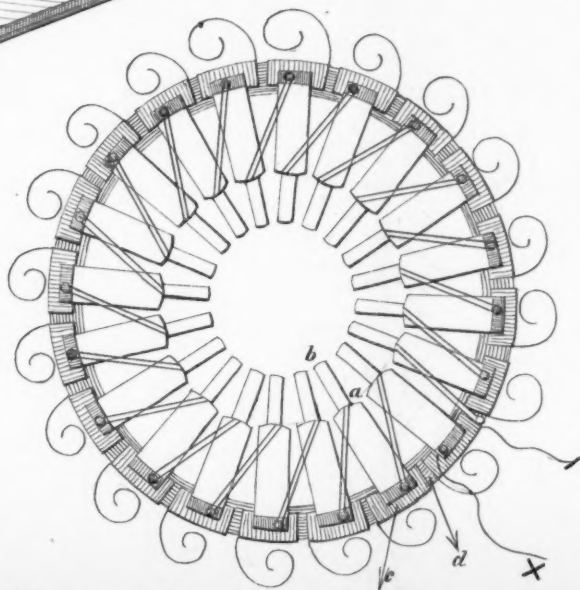


Fig. 1

$\frac{1}{4}$ der nat. Grösse.

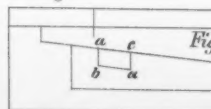
Fig. 1.



A. Schütze Lith. Inst. Berlin.



Fig. 3.



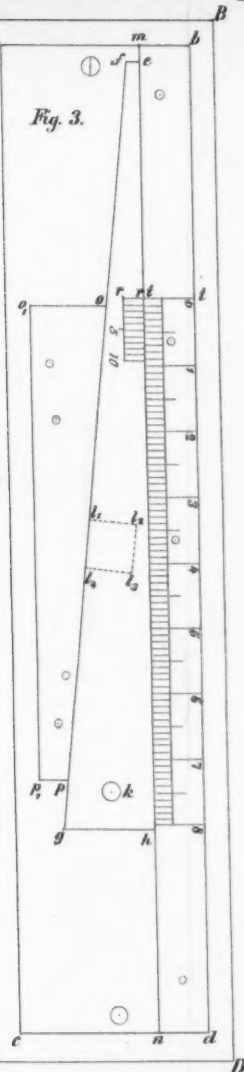
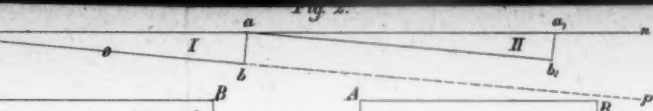


Fig. 3.

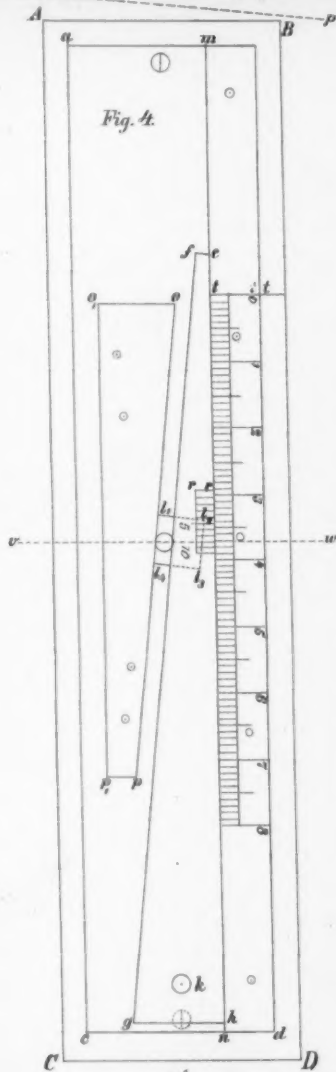


Fig. 4.

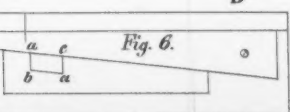


Fig. 6.

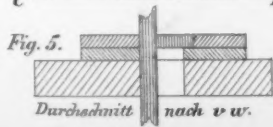


Fig. 5.

Durchschnitt nach v w.